世纪英才

中职项目教学系列规划教材

（机电类专业）

钳工技术基本功

王国玉　苏全卫　主　编
李晨曦　杨　敏　副主编
车世明　主　审



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

封面设计：王春圣

世纪英才 中职项目教学系列规划教材（机电类专业）

- ○ 机械基础
- ○ 数控编程
- ○ 数控车床编程与操作基本功
- ○ 数控铣削加工技术基本功
- ○ 电工电子技术基本功
- ○ 气焊与电焊基本功
- ○ 车工技术基本功
- ◎ **钳工技术基本功**
- ○ 电动机与控制技术基本功
- ○ CAD/CAM软件应用技术基础
 —— CAXA数控车2008

ISBN 978-7-115-24101-6
9 787115 241016 >
ISBN 978-7-115-24101-6
定价：26.00 元

人民邮电出版社网址：www.ptpress.com.cn

世纪英才中职项目教学系列规划教材（机电类专业）

钳工技术基本功

王国玉　苏全卫　主　编
李晨曦　杨　敏　副主编
车世明　主　审

人民邮电出版社
北京

图书在版编目（CIP）数据

钳工技术基本功 / 王国玉，苏全卫主编. -- 北京 : 人民邮电出版社，2011.3
世纪英才中职项目教学系列规划教材. 机电类专业
ISBN 978-7-115-24101-6

Ⅰ. ①钳… Ⅱ. ①王… ②苏… Ⅲ. ①钳工－专业学校－教材 Ⅳ. ①TG9

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第226481号

内 容 提 要

本书根据教育部 2009 年颁布的中等职业学校新编教学大纲，综合钳工技术基础理论和实操技能两方面的内容，从生产实际岗位需要出发，以项目引领、任务驱动的方式编写而成。全书共分为 15 个项目，主要内容包括：机械加工图纸的识图、机械零部件加工尺寸的认知、金属材料与热处理加工、钳工测量量具的认知与使用、划线加工、锯削加工、錾削加工、锉削加工、孔加工、螺纹的加工、刮削与研磨的加工、矫正与弯曲的加工、铆接加工、支撑件（滚动轴承）的装配和拆卸以及连接件的装配与拆卸等。本书重点突出基本理论知识的应用和基本技能的培养，注重学生基本功的训练。为了方便教师教学，本书还配有电子教学参考资料包（包括教学指南、电子教案和习题答案）。

本书可作为中等职业学校机械类各专业的教学用书，也可供非机类专业学生作为教材使用，同时还可作为机械产品生产经营者的培训用书以及机械类工程人员和技术工人的参考用书。

世纪英才中职项目教学系列规划教材（机电类专业）

钳工技术基本功

◆ 主　　编　王国玉　苏全卫
副 主 编　李晨曦　杨　敏
主　　审　车世明
责任编辑　丁金炎
执行编辑　洪　婕

◆ 人民邮电出版社出版发行　　北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编　100061　　电子函件　315@ptpress.com.cn
网址　http://www.ptpress.com.cn
三河市海波印务有限公司印刷

◆ 开本：787×1092　1/16
印张：13.5
字数：331 千字　　2011 年 3 月第 1 版
印数：1 - 3 000 册　　2011 年 3 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-24101-6

定价：26.00 元

读者服务热线：(010)67132746　印装质量热线：(010)67129223
反盗版热线：(010)67171154
广告经营许可证：京崇工商广字第 0021 号

丛书前言

2008年12月13日，教育部“关于进一步深化中等职业教育教学改革的若干意见”【教职成〔2008〕8号】指出：中等职业教育要进一步改革教学内容、教学方法，增强学生就业能力；要积极推进多种模式的课程改革，努力形成就业导向的课程体系；要高度重视实践和实训教学环节，突出“做中学、做中教”的职业教育教学特色。教育部对当前中等职业教育提出了明确的要求，鉴于沿袭已久的“应试式”教学方法不适应当前的教学现状，为响应教育部的号召，一股求新、求变、求实的教学改革浪潮正在各中职学校内蓬勃展开。

所谓的“项目教学”就是师生通过共同实施一个完整的“项目”而进行的教学活动，是目前国家教育主管部门推崇的一种先进的教学模式。“世纪英才中职项目教学系列规划教材”丛书编委会认真学习了国家教育部关于进一步深化中等职业教育教学改革的若干意见，组织了一些在教学一线具有丰富实践经验的骨干教师，以国内外一些先进的教学理念为指导，开发了本系列教材，其主要特点如下。

（1）新编教材摒弃了传统的以知识传授为主线的知识架构，它以项目为载体，以任务来推动，依托具体的工作项目和任务将有关专业课程的内涵逐次展开。

（2）在“项目教学”教学环节的设计中，教材力求真正地去体现教师为主导、学生为主体的教学理念，注意到要培养学生的学习兴趣，并以“成就感”来激发学生的学习潜能。

（3）本系列教材内容明确定位于“基本功”的学习目标，既符合国家对中等职业教育培养目标的定位，也符合当前中职学生学习与就业的实际状况。

（4）教材表述形式新颖、生动。本系列教材在封面设计、版式设计、内容表现等方面，针对中职学生的特点，都做了精心设计，力求激发学生的学习兴趣。书中多采用图表结合的版面形式，力求学习直观明了；多采用实物图形来讲解，力求形象具体。

综上所述，本系列教材是在深入理解国家有关中等职业教育教学改革精神的基础上，借鉴国外职业教育经验，结合我国中等职业教育现状，尊重教学规律，务实创新探索，开发的一套具有鲜明改革意识、创新意识、求实意识的系列教材。其新（新思想、新技术、新面貌）、实（贴近实际、体现应用）、简（文字简洁、风格明快）的编写风格令人耳目一新。

如果您对本系列教材有什么意见和建议，或者您也愿意参与到本系列教材中其他专业课教材的编写，可以发邮件至 wuhan@ptpress.com.cn 与我们联系，也可以进入本系列教材的服务网站 www.ycbook.com.cn 留言。

丛书编委会

前言

Foreword

钳工知识与技能是每个从事机械制造的人员一生要学习和掌握的内容。当前我国职业教育改革的方向是“以职业为导向、以岗位能力为本位、以学生为主体”，教师由“教”学转向“导”学，加强学生的创新精神、实践能力的培养，打造专业技能过硬、实践能力强、综合素质高、“零距离”上岗的优秀职业人才。本书根据中等职业教育培养目标要求，以学习基本知识、培养基本技能、训练基本功为原则，采用项目教学的编写模式，紧紧抓住项目学习目标、项目基本技能、项目基本知识和项目学习评价四个基本要素。其特点是图文并茂、避免复杂的计算、降低学习的难度。本书在编写过程中，特别注意到全国中职教育的不平衡性，在技能训练的选择上，尽最大努力兼顾各个层面，所以技能训练题目少则一个，多则三个，以备各校选用。

本书由河南省学术技术带头人（中职）、河南信息工程学校高级工程师王国玉和河南机电学校高级讲师苏全卫主编。河南信息工程学校李晨曦和河南机电学校杨敏任副主编。全书共15个项目，其中，项目一、项目二由杨敏编写；项目三由河南机电学校张光召编写；项目四、项目五由李晨曦编写；项目六、项目十三由王国玉编写；项目七、项目八由河南信息工程学校付丽玮编写；项目九、项目十由河南机电学校熊莎莎编写；项目十一、项目十二由河南机电学校沈志平编写；项目十四和项目十五由河南机电学校苏全卫编写。全书由王国玉统稿，由河南轻工学校高级讲师车世明主审。

另附教学建议学时表如下，在实施中任课教师可根据各学校具体情况适当调整。

学时分配参考表

序　号	内　容	学　时
项目一	机械加工图纸的识图	8
项目二	机械零部件加工尺寸的认知	8
项目三	金属材料与热处理加工	6
项目四	钳工测量量具的认知与使用	12
项目五	划线加工	4
项目六	锯削加工	4
项目七	錾削加工	4
项目八	锉削加工	6
项目九	孔加工	8
项目十	螺纹的加工	6

续表

序　号	内　容	学　时
项目十一	刮削与研磨的加工	6
项目十二	矫正与弯曲的加工	6
项目十三	铆接加工	4
项目十四	支撑件（滚动轴承）的装配和拆卸	12
项目十五	连接件的装配与拆卸	16
总学时数		110

本书在编写过程中吸取了国内一些专家、学者的研究成果，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中不妥和错误之处在所难免，敬请同行、读者批评指正。

目录

Contents

项目一　机械加工图纸的识图……1
一、项目基本技能……2
任务一　机械零部件的认知……2
二、项目基本知识……4
知识点一　识图的基本知识……4
知识点二　三视图……6
知识点三　剖视、剖面的表达方法……9
知识点四　识图的基本方法……11
知识点五　常用零件的规定画法……14
知识点六　装配图识读及举例……22
项目二　机械零部件加工尺寸的认知……27
一、项目基本技能……28
任务一　认识机械零部件表面粗糙度……28
任务二　机械零部件配合与极限……31
二、项目基本知识……35
知识点一　形位公差……35
项目三　金属材料与热处理加工……40
一、项目基本技能……41
任务一　金属材料的简易鉴别……41
二、项目基本知识……43
知识点一　常用金属材料的特性……43
知识点二　常用工业用金属材料和用途……46
知识点三　钢的热处理……49
项目四　钳工测量量具的认知与使用……54
一、项目基本技能……54
任务一　钳工常用测量量具的认知……54
任务二　用不锈钢直尺测量工件……56
任务三　用游标卡尺测量工件……57
任务四　用千分尺测量加工零件……58
任务五　用百分表检测加工零件……59
二、项目基本知识……60
知识点一　游标卡尺的结构和原理……60
知识点二　千分尺的结构和原理……60
知识点三　百分表的应用和注意事项……61
项目五　划线加工……63
一、项目基本技能……63
任务一　常用划线工具的认知和使用……63
任务二　立体划线……68
二、项目基本知识……70
知识点一　划线前的准备工作……70
知识点二　划线操作的分类……71

知识点三　划线基准的选择……71
知识点四　划线注意事项……71
项目六　锯削加工……73
一、项目基本技能……74
任务一　锯条的安装……74
任务二　锯削加工……74
二、项目基本知识……77
知识点一　锯削工具的相关知识……77
知识点二　锯条的选用方法……78
知识点三　锯削注意事项……78
知识点四　锯削中容易出现的问题……78
项目七　錾削加工……80
一、项目基本技能……81
任务一　錾削工具的认知及选用……81
任务二　錾削操作……83
二、项目基本知识……86
知识点一　錾削容易出现的问题……86
知识点二　錾削操作的注意事项……86
项目八　锉削加工……88
一、项目基本技能……88
任务一　锉削操作……88
任务二　锉削质量检查……92
二、项目基本知识……92
知识点一　锉刀的结构和种类……92
知识点二　锉刀的选用方法……94
知识点三　锉削加工的种类……94
知识点四　锉削注意事项……95
项目九　孔加工……97
一、项目基本技能……98
任务一　钻孔设备及工具的认知……98
任务二　钻头及其刃磨……101
任务三　铰孔设备及工具的认知……106
任务四　铰刀的认知……106
二、项目基本知识……107
知识点一　钻孔的步骤和方法……107
知识点二　钻孔注意事项……111
知识点三　铰削量……112
知识点四　铰孔时的冷却润滑……113
知识点五　铰孔的步骤和方法……113
知识点六　铰孔注意事项……114
项目十　螺纹的加工……117
一、项目基本技能……118
任务一　攻丝设备及工具的认知……118
任务二　丝锥的结构……119
任务三　套丝工具的认知……121
二、项目基本知识……122
知识点一　攻丝的步骤和方法……122
知识点二　攻丝注意事项……124
知识点三　攻丝质量的分析……124
知识点四　套丝的步骤和方法……125
知识点五　套丝注意事项……126
知识点六　套丝质量的分析……126
项目十一　刮削与研磨的加工……129
一、项目基本技能……130
任务一　刮削工具的认知……130
任务二　研具和研磨剂的认知……131
二、项目基本知识……134
知识点一　刮削的认知……134
知识点二　刮削显示剂……135
知识点三　刮削的操作……135
知识点四　研磨基本概念……138

知识点五 研磨类型、轨迹和方法……138
知识点六 研磨的注意事项……140
项目十二 矫正与弯曲的加工……142
一、项目基本技能……143
任务一 手工矫正工具的认知……143
任务二 弯曲工具的认知……144
二、项目基本知识……145
知识点一 矫正与弯曲的基础知识……145
知识点二 手工矫正的方法……147
知识点三 矫正注意事项……149
知识点四 弯曲的步骤和方法……150
知识点五 弯曲注意事项……151
项目十三 铆接加工……154
一、项目基本技能……154
任务一 铆接工具的认知……154
任务二 常用的铆钉和铆钉种类的认知……156
二、项目基本知识……158
知识点一 铆接的方式和种类……158
知识点二 铆钉的相关计算与通孔直径的选择……160
知识点三 铆接的步骤和常用铆钉的铆接工序……161
知识点四 铆钉的拆卸步骤和方法……163
知识点五 铆接时常见问题和防止方法……164
知识点六 铆接的应用场合……165
项目十四 支撑件（滚动轴承）的装配和拆卸……168
一、项目基本技能……169
任务一 滚动轴承的认知……169
任务二 常用滚动轴承的装配和拆卸工具……173
二、项目基本知识……173
知识点一 机械装配的基本知识……173
知识点二 常用滚动轴承的装配步骤……179
知识点三 滚动轴承的拆卸要点……185
项目十五 连接件的装配与拆卸……187
一、项目基本技能……188
任务一 螺纹连接的拆装工具的认知……188
任务二 键连接的拆装工具的认知……191
任务三 销连接及其拆装常用工具的认知……191
二、项目基本知识……192
知识点一 螺纹连接件的装配要点和方法……192
知识点二 键连接件的装配与拆卸的步骤……197
知识点三 键连接件的装配与拆卸注意事项……201
知识点四 销连接件的拆装步骤和方法……202

项目一　机械加工图纸的识图

项目情境创设



同学们首次接触机械加工时，对于所需要加工的零件（如图 1-1 所示），对其形状、尺寸应进行基本的了解。例如，零件中有没有孔存在，是普通的通孔还是螺纹孔，孔的大小是多少。得知了这些基本情况后，同学们再进一步考虑如何加工这些孔。所有的这些信息需要大家在零件图中获得，需要首先读懂零件图，了解设计师在图中所传达的零件信息，通过这些信息进行工艺的编排及加工。本章我们学习的重点就是基本的读图方法。

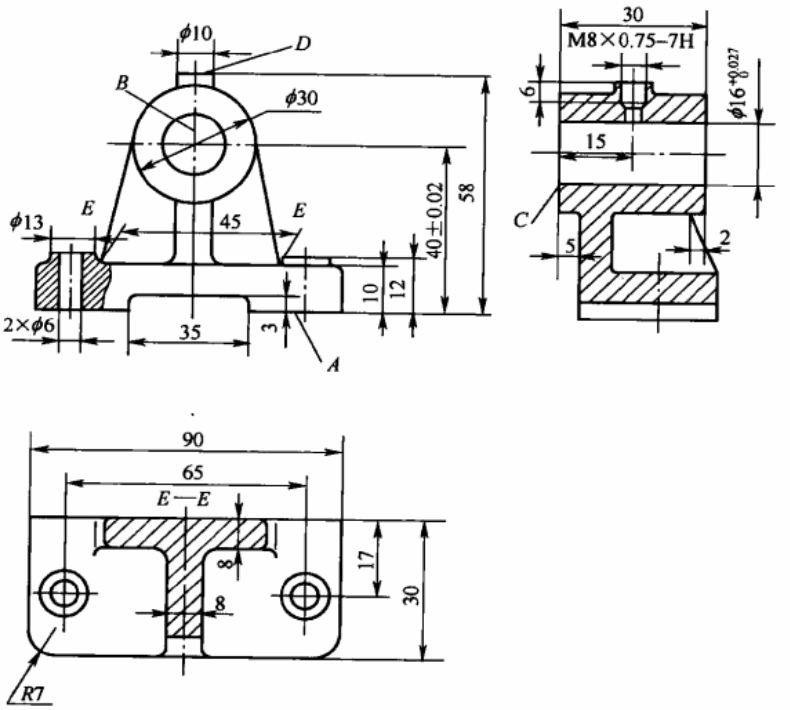


图 1-1　轴承座

在现代工业生产中，不论是设计和制造各种机械设备还是建造高楼大厦都离不开图样。

用于各种机械及设备加工制造的图样，称为机械图样。它的主要内容为一组用正投影法绘制成的机件视图，还有加工制造所需的尺寸和技术要求。机械图样是生产中最基本的技术文件，是设计、制造、检验、装配产品的依据，是进行机械制造技术交流的工程技术语言。

项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 掌握标准件与常用件等制图标准 ② 识读零件图、装配图等典型机械类图纸 ③ 有一定的测绘能力，根据需要绘制中等复杂程度的机械样图	掌握绘图和读图方法、技能与技巧，培养空间想象能力和构形设计能力，要克服在学习和绘图中的急躁情绪，养成勤于思考、精益求精的良好作风	4
知识目标	① 学习投影的基本原理、制图的基本知识及应用 ② 学习运用绘图工具绘制机械图样的方法、技能与技巧 ③ 学习并在绘图中贯彻有关绘图标准和规定	应坚持理论联系实际的学风，既要学好基本知识、基本理论和基本方法，又要练好识图基本功	4

项目基本功

一、项目基本技能

任务一　机械零部件的认知

1．轴类零件

（1）轴类零件的功用及结构

轴类零件是最常用的机械零件之一，如图 1-2 所示。它的主要功用是支承传动零件（如齿轮、带轮等）、传递转矩、承受载荷，以及保证装在轴上的零件具有一定的回转精度。轴类零件是旋转零件，其长度大于直径，由外圆柱面、圆锥面、内孔、螺纹及相应端面组成。加工表面通常除了内外圆表面、圆锥面、螺纹、端面外，还有花键、键槽、横向孔、沟槽等。

根据功用和结构形状，轴类有多种形式，如光轴、空心轴、半轴、阶梯轴、花键轴、偏心轴、曲轴、凸轮轴等。

（2）轴类零件的技术要求

① 加工精度。

a．尺寸精度。轴类零件的尺寸精度主要指轴的直径尺寸精度和轴长尺寸精度。按使用要求，主要轴颈直径尺寸精度通常为 IT6～IT9 级，精密的轴颈也可达 IT5 级。轴长尺寸通常规定为公称尺寸，对于阶梯轴的各台阶长度按使用要求可相应给定公差。

b．几何精度。轴类零件一般是用两个轴颈支撑在轴承上，这两个轴颈称为支撑轴颈，也是轴的装配基准。除了尺寸精度外，一般还对支撑轴颈的几何精度（圆度、圆柱度）提出要

求。对于一般精度的轴颈，几何形状误差应限制在直径公差范围内，要求高时，应在零件图样上另行规定其允许的公差值。

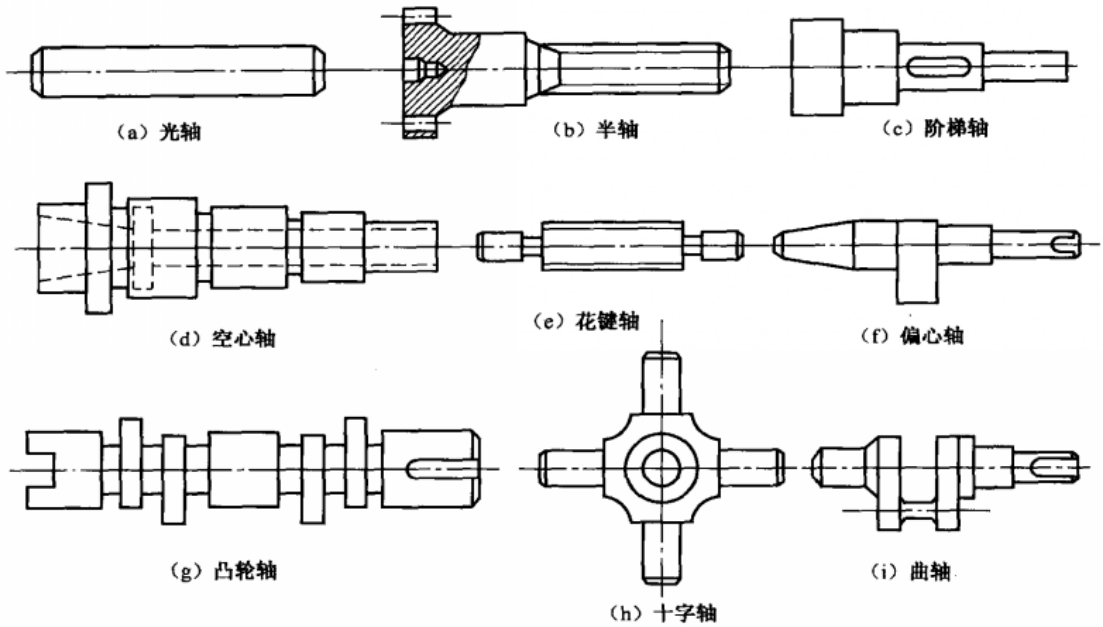


图 1-2　轴的种类

c．相互位置精度。轴类零件中的配合轴颈（装配传动件的轴颈）相对于支撑轴颈间的同轴度是其相互位置精度的普遍要求。通常普通精度的轴，配合精度对支撑轴颈的径向圆跳动一般为 0.01～0.03mm，高精度轴为 0.001～0.005mm。

此外，相互位置精度还有内外圆柱面的同轴度、轴向定位端面与轴心线的垂直度要求等。

② 表面粗糙度。根据机械的精密程度、运转速度的高低，轴类零件表面粗糙度要求也不相同。一般情况下，支撑轴颈的表面粗糙度 *Ra* 值为 0.63～0.16μm；配合轴颈的表面粗糙度 *Ra* 值为 2.5～0.63μm。

（3）轴类零件的材料和毛坯

① 轴类零件的材料。轴类零件材料的选取，主要根据轴的强度、刚度、耐磨性以及制造工艺性而决定，力求经济合理。

常用的轴类零件材料有 35、45、50 优质碳素钢，以 45 钢应用最为广泛。对于受载荷影响较小或不太重要的轴也可用 Q235、Q255 等普通碳素钢。对于受力较大，轴向尺寸、重量受限制或者某些有特殊要求的可采用合金钢。如 40Cr 合金钢可用于中等精度、转速较高的工作场合，该材料经调质处理后具有较好的综合力学性能；选用 Cr15、65Mn 等合金钢可用于精度较高、工作条件较差的情况，这些材料经调质和表面淬火后其耐磨性、耐疲劳强度性能都较好；若是在高速、重载条件下工作的轴类零件，选用 20Cr、20CrMnTi、20Mn2B 等低碳钢或 38CrMoA1A 渗碳钢，这些钢经渗碳淬火或渗氮处理后，不仅有很高的表面硬度，而且其心部强度也大大提高，因此具有良好的耐磨性、抗冲击韧性和耐疲劳强度的性能。球墨铸铁、高强度铸铁由于铸造性能好，且具有减震性能，常在制造外形结构复杂的轴中采用。特别是我国研制的稀土——镁球墨铸铁，抗冲击韧性好，同时还具有减磨、吸震、对应力集中、敏感性小等优点，已被应用于制造汽车、拖拉机、机床上的重要轴类零件。

② 轴类零件的毛坯。轴类零件的毛坯常见的有型材（圆棒料）和锻件。大型的、外形结构复杂的轴也可采用铸件。内燃机中的曲轴一般均采用铸件毛坯。

型材毛坯分热轧或冷拉棒料，均适合于光滑轴或直径相差不大的阶梯轴。

锻件毛坯经加热锻打后，金属内部纤维组织沿表面分布，因而有较高的抗拉、抗弯及抗扭转强度，一般用于重要的轴。

2．箱体类零件

箱体类零件通常作为箱体部件装配时的基准零件。它将一些轴、套、轴承和齿轮等零件装配起来，使其保持正确的相互位置关系，以传递转矩或改变转速来完成规定的运动。因此，箱体类零件的加工质量对机器的工作精度、使用性能和寿命都有直接的影响。

箱体零件结构特点：多为铸造件，结构复杂，壁薄且不均匀，加工部位多，加工难度大，如图 1-3 所示。

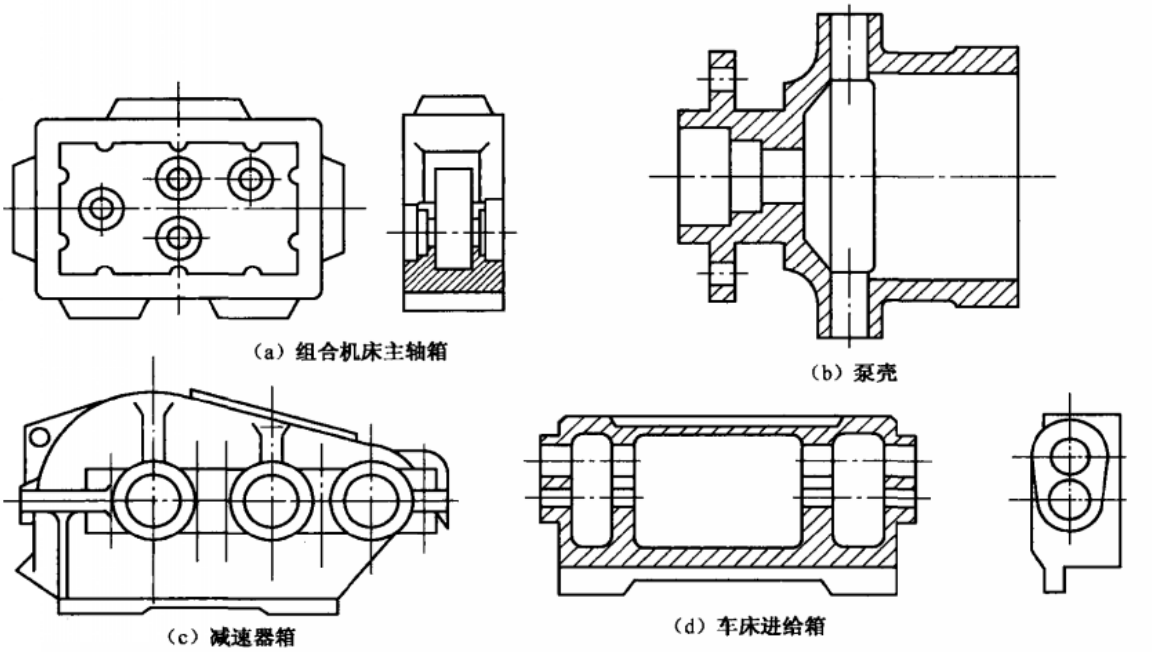


图 1-3　几种常见的箱体类零件结构简图

箱体零件的主要技术要求：轴颈支承孔孔径精度及相互之间的位置精度，定位销孔的精度与孔距精度；主要平面的精度；表面粗糙度等。

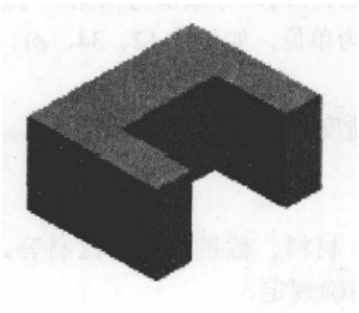
箱体零件材料及毛坯：箱体零件常选用灰铸铁，汽车、摩托车的曲轴箱选用铝合金作为曲轴箱的主体材料，其毛坯一般采用铸件，因曲轴箱是大批量生产，且毛坯的形状复杂，故采用压铸毛坯，镶套与箱体在压铸时铸成一体。压铸的毛坯精度高，加工余量小，有利于机械加工。

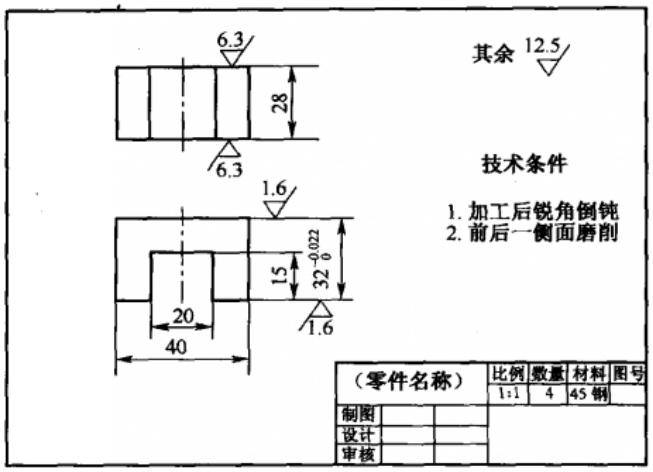
二、项目基本知识

知识点一　识图的基本知识

图 1-4（a）所示零件用零件图表达出来如图 1-4（b）所示。该图样是由一些图形、尺寸、

标题栏、技术要求等组成的。这些组成部分都符合国家规定的一些标准。





（a）　　（b）

图 1-4　零件图

1．图形

为了表达物体的形状结构，可以从不同的角度观察物体，把看到的和看不到的轮廓用一组图形表示出来。图 1-4 所示零件分别从它的前方和上方观察，得到两个图形，即视图，这两个视图按照规定的位置排列，表达了零件的结构形状。

2．图形的线型

绘制图样的图线时，必须按照规定的形式。机械图样的图线及应用见表 1-1。

表 1-1　　机械图样的图线及应用

图线名称	线　型	代号		应用举例
粗实线		01	d	可见轮廓线
细实线			约 $d/2$	尺寸线、尺寸界线、剖面线
波浪线			约 $d/2$	视图和剖视的分界线 断裂处的边界线
双折线			约 $d/2$	断裂处的边界线
虚线		02	约 $d/2$	不可见轮廓线
细点划线		04	约 $d/2$	轴线对称中心线
粗点划线			d	有特殊要求的线或表示线
双点划线		12	约 $d/2$	相邻辅助零件的轮廓线 极限位置的轮廓线

3．绘图比例

比例标注在标题栏中的比例栏内，比例符号以“：”表示，表示方法如 1：2、20：1、1：100 等。绘图比例表示图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。

比例分为三种：比值为 1 的称为原值比例，即 1∶1；比值大于 1 的称为放大比例，如 2∶1、10∶1 等；比值小于 1 的称为缩小比例，如 1∶2、1∶10 等。

4．尺寸

图形只能表达机件的结构形状，物体的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据，与绘图的比例及绘图的准确度无关。图样中的尺寸一般以毫米（mm）为单位，如尺寸 12、34、ϕ11 等。

5．技术要求

用文字标注在图中适当位置或图纸的空白处，如表面粗糙度要求 $\sqrt{1.6}$、尺寸公差 $18^{0}_{-0.012}$ 和技术条件等。

6．标题栏和明细栏

标题栏一般应位于图纸的右下角，内容主要有零件名称、材料、数量、画图比例等。国家标准对标题栏与明细栏的基本要求、内容、尺寸与格式有明确规定。

7．图纸幅面

图样需要在图纸上表达出来，国家标准对图纸的幅面大小和格式规定遵循 GB/T 14689—1993，见表 1-2。

表 1-2　　常用的图纸幅面

幅面代号	尺寸 $B\times L$（mm）
A0	841×1189
A1	594×841
A2	420×594
A3	297×420
A4	210×297

知识点二　三视图

1．正投影法

当日光或灯光照射物体时，在地面或墙面上就会出现物体的影子，这就是日常生活中常见的投影现象。我们把光线称为投射线，地面或墙面称为投影面。用平行的投射线通过物体，向选定的投射面进行垂直投射，在该面上得到图形的方法，称为正投影法。按正投影法得到的投影称为正投影，如图 1-5 所示。

2．三视图的形成及投影规律

（1）三视图的形成

用正投影法绘制物体的图形称为视图。一般情况下，需要采用多个投影面进行投影，才能完全表达物体的空间形状和大小。工程上常选取互相垂直的三个投影面，这三个投影面分别是：正对观察者的投影面，简称正面；水平位置的投影面，简称水平面；右边侧立的投影面，简称侧面。三个投影面相交于三个坐标轴，分别为 *OX* 轴、*OY* 轴、*OZ* 轴。

如图 1-6 所示，假设把物体放在观察者与三个投影面之间，观察者的视线垂直于各投影面进行观察，获得正投影，称为视图，它们分别是：

从物体的前方向后方投射，得到的正面投影，称为主视图，反映了物体的长度和高度方向的尺寸；

从物体的上方向下方投射，得到的水平投影，称为俯视图，反映了物体的长度和宽度方

向的尺寸；

从物体的左方向右方投射，得到的侧面投影，称为左视图，反映了物体的高度和宽度方向的尺寸。

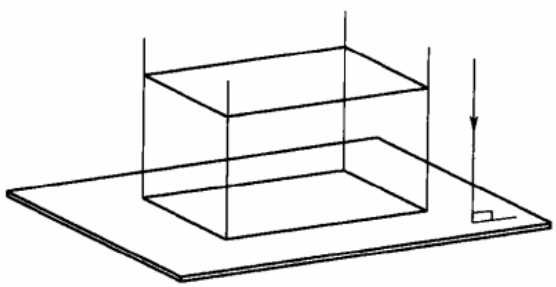


图 1-5　正投影法

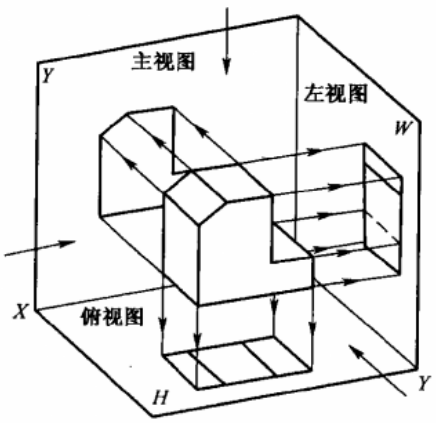


图 1-6　物体的三面投影

为了便于绘图和读图，把空间的三个视图画在同一张图纸上，就必须把三个投影面展开在同一个平面内。方法是：侧面保持不动，把水平面向下旋转 90°，侧面向右旋转 90°，如图 1-7 所示。展开后三个视图共面，如图 1-8 所示。除了主视图、俯视图、左视图，物体的基本视图还有仰视图、右视图和后视图。

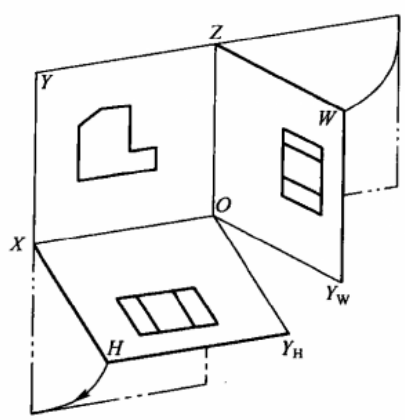


图 1-7　三投影面的展开图

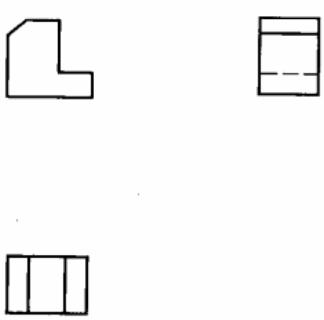


图 1-8　三视图的形成

（2）投影规律

从三视图的形成过程中，可以总结出三视图之间的投影关系：

主、俯视图“长对正”；主、左视图“高平齐”；俯、左视图“宽相等”。以主视图为准，俯视图在主视图的正下方，左视图在主视图的正右方。

三视图的投影关系，如图 1-9 所示。

3．点、线、面的投影

（1）点的投影

空间点 *A* 的三面投影如图 1-10（a）所示。把投影面展开后，得到如图 1-10（b）所示的

投影，可总结出点的投影规律：

① 点的正面投影与水平投影的连线一定垂直于 OX 轴，即 $aa' \perp OX$。

② 点的正面投影与侧面投影的连线一定垂直于 OZ 轴，即 $a'a'' \perp OZ$。

③ 点的水平面投影到 OX 轴的距离等于点的侧面投影到 OZ 轴的距离，即 $aa_x = a''a_z$。

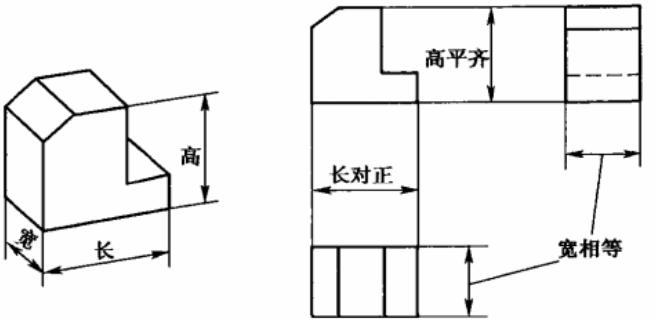


图 1-9　三视图的投影关系

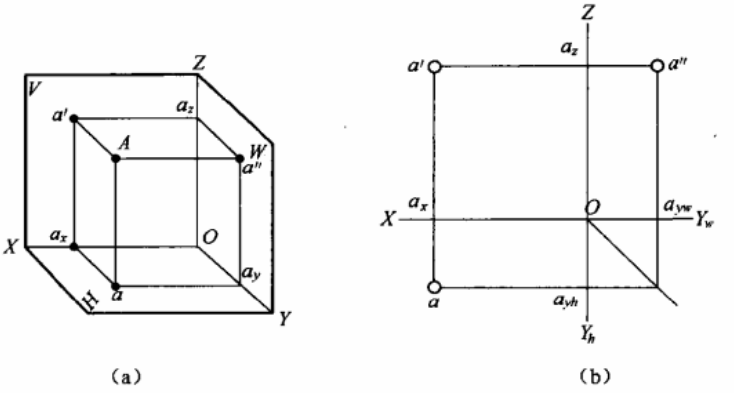


图 1-10　点的三面投影

点的三面投影规律实际上也反映了“长对正”、“高平齐”、“宽相等”的“三等”对应关系。根据上述规律，只要知道点的两个投影就能够确定第三个点的投影位置。

（2）直线的投影

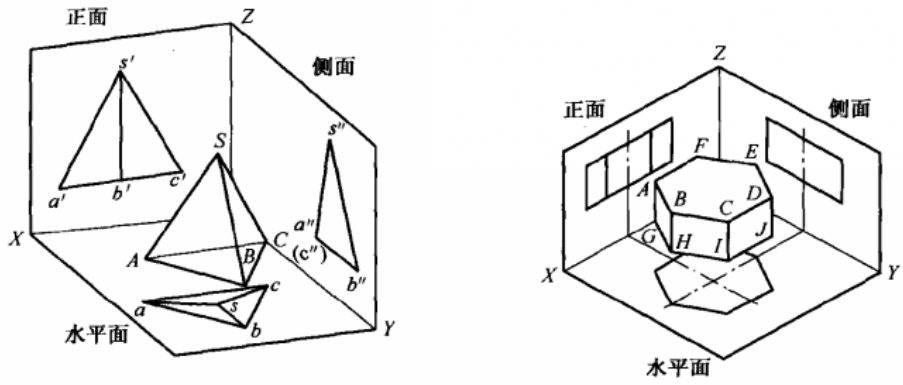
如图 1-11 所示，直线相对投影面的位置，有以下三种情况，即平行线、垂直线和倾斜线（既不平行又不垂直），见表 1-3。

表 1-3　　直线的投影

类　型	定　义	举　例	性　质
① 投影面平行线	平行于一个投影面，而与另外两个投影面倾斜的直线	图 1-11（a）中，直线 AB、BC、AC 是水平面的平行线	直线在与其平行的投影面上的投影，反映该直线的实长；直线在其他两个投影面上的投影，分别平行于相应的投影轴，但都小于该直线的实长
② 投影面垂直线	垂直于一个投影面，而与另外两个投影面平行的直线	图 1-11（b）中，直线 AG、BH、CI 等是水平面的垂直线	直线在所垂线的投影面上的投影积聚为一点；直线在其他两个投影面上的投影反映直线的实长，且垂直于相应的投影轴

续表

类　型	定　义	举　例	性　质
③ 投影面倾斜线	在三个投影面上的投影都与投影轴倾斜的直线	图 1-11（a）中，直线 *SA*、*SB* 等是水平面的倾斜线	直线的三面投影长度均小于实长



（a）　　（b）

图 1-11　直线与平面的三面投影

（3）平面的投影

平面相对投影面的位置，有以下三种情况，即平行面、垂直面和倾斜面（既不平行又不垂直），见表 1-4。

表 1-4　平面的投影

类　型	定　义	举　例	性　质
① 投影面平行面	平面平行于一个投影面，而与另外两个投影面垂直的平面	图 1-11（b），平面 *ABCDEF* 是水平面的平行面	平面图形在与其平行的投影面上的投影，反映该平面的实形；平面在其他两个投影面上的投影积聚成直线，且平行于相应的投影轴
② 投影面垂直面	垂直于一个投影面，而与另外两个投影面倾斜的平面	图 1-11（b），平面 *BCIH* 是水平面的垂直面	平面图形在所垂直的投影面上的投影，积聚成与投影轴倾斜的直线；平面图形在其他两个投影面上的投影均为原形的类似形
③ 投影面倾斜面	对三投影面都倾斜的平面	图 1-11（a）中，平面 *SAB*、*SBC* 是三个投影面的倾斜面	投影面倾斜面的三个投影均是小于原平面的类似形，不反映实形

知识点三　剖视、剖面的表达方法

当机件内部结构比较复杂时，为了清楚地表示机件的内部形状，避免在视图中出现过多的虚线，应采用剖视画法。

1．剖视的基本概念

假想用剖切面剖开机件，将处在观察者和剖切面之间的部分移去，而将其余部分向投影面投射，所得的图形称为剖视图，简称剖视。

剖切被表达物体的假想平面，叫做剖切面。图 1-12 中 P 即为剖切面。

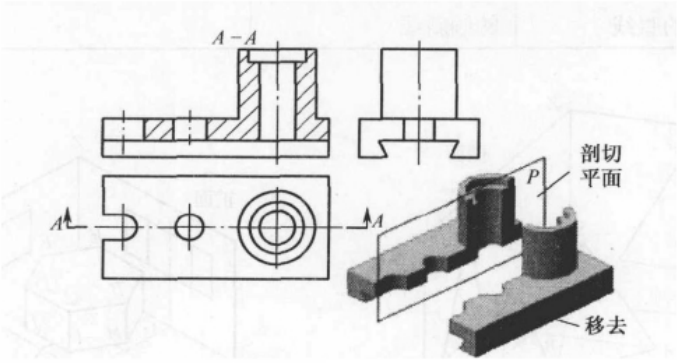


图 1-12　机件的剖视图

剖切面与物体的接触部分，叫做剖面区域。通用剖面线通常以互相平行的细实线绘制，最好与机件主要轮廓或剖面区域的对称线成 45°。同一物体的各个剖面区域，其剖面线画法一致。

按剖切的范围，剖视图可分为全剖视图、半剖视图和局部剖视图。

2．全剖视图

用剖切面完全地剖开物体所得的剖视图，称为全剖视图。它主要用于内部形状复杂、外形简单或外形已在其他视图上表达清楚的零件。图 1-12 所示的主视图即为全剖视图。在全剖视图上方用大写拉丁字母“×-×”表示剖视图名称，在相应的视图附近用剖切符号表示剖切位置和投射方向，并标注相同的字母。

当单一剖切面通过物体的对称平面或者基本对称平面，且剖视图配置在基本视图位置，中间又没有其他图形隔开时，可省略标注。

3．半剖视图

当零件具有对称平面时，可以对称中心线为界，一半画成剖视图，另一半画成视图，这种图形称为半剖视图。图 1-13 所示即为机件的半剖视图。

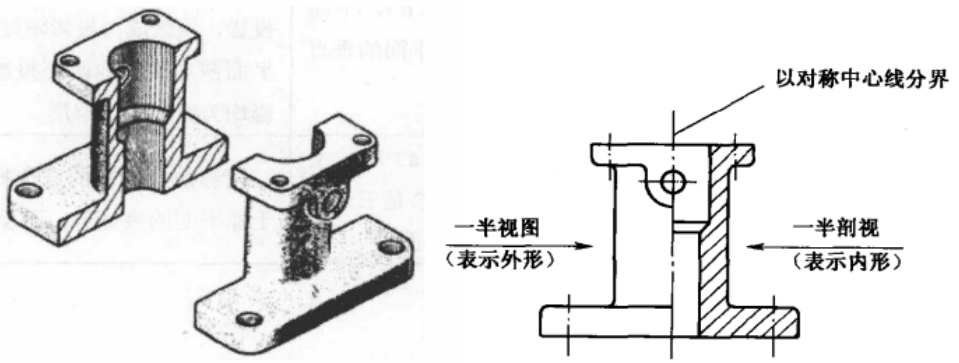


图 1-13　机件的剖视图

画半剖视图时应注意：

① 视图和剖视图的分界线应是对称中心线（细点画线），不应与轮廓线重合；

② 内部形状在半剖视图中表达清楚后，在另一半视图中就不必再画出虚线，但对于孔、槽等，应画出中心线位置。

4．局部剖视图

用剖切面局部地剖开物体所得的剖视图，称为局部剖视图，如图 1-14 所示。局部剖视图常用于内外形状均需表达的不对称机件，其剖切位置、剖切范围可根据需要而定，使用比较灵活。

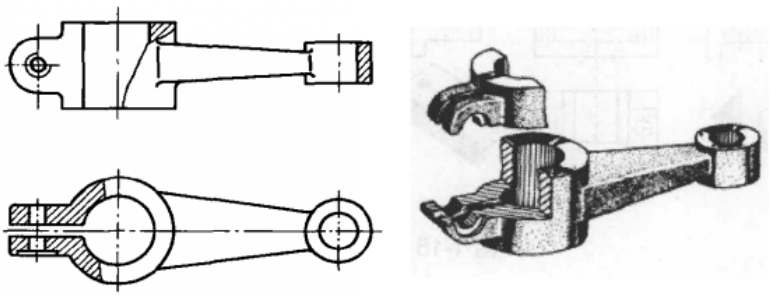


图 1-14　局部剖视图

画局部剖视图时应注意：

① 局部剖视图用波浪线分界，不能与图样上其他图线重合；

② 如有需要，允许在剖视图的剖面中再作一次局部剖切，此时，两个剖面线应同方向、同间隔，但要互相错开位置。

知识点四　识图的基本方法

零件图是表达单个零件的图样，是指导零件生产的重要技术文件。在生产过程中，要根据零件图注明的材料和数量进行备料；根据图示的形状、尺寸和技术要求来加工制造；最后还要根据图纸进行检验，这就需要看懂零件图。

1．零件图的内容

由图 1-14 可以看出，一张完整的零件图应包括以下四方面的内容。

（1）一组图形

利用必要的视图、剖视图、断面图等画法，完整、清晰地表达零件各部分的结构和形状。

（2）尺寸

尺寸用来表明零件各部分的大小和相对位置，是制造和检验零件的依据。

（3）技术要求

用文字或符号说明零件在制造、检验过程中应达到的一些要求，如表面粗糙度、尺寸公差和热处理要求等。

（4）标题栏

说明零件的名称、材料、数量、绘图比例、图的编号及设计、审核者签名等内容。

2．图形的识读方法

识图的基本方法有两种：形体分析法和线面分析法。

（1）形体分析法

如图 1-15 所示，形体分析法是读图的主要方法，可以归纳为以下几步。

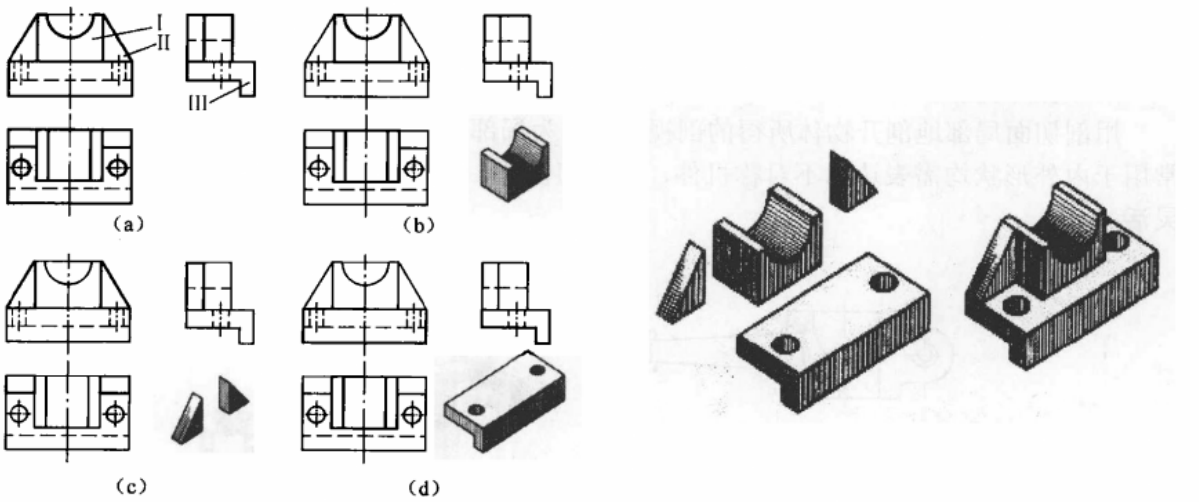


图 1-15　形体分析法

① 抓住特征视图。分线框、对投影。一般从反映物体特征的主视图开始，将其可见部分分成若干个代表简单形体的封闭线框。在主视图上比较明显地反映Ⅰ、Ⅱ基本几何体的特征，在左视图上较明显地反映Ⅲ基本几何体的特征。

② 分析投影。想形状、定位置。联系其他视图，想象出各基本形体的形状及其在整体中所处的位置。

基本几何体Ⅰ的主视图形状特征较为明显，相对应的俯视图和左视图的投影均是两个封闭的粗线框。可以想象出形体Ⅰ是一个长方体，上部中间对称挖了一个半圆柱孔。

基本几何体Ⅱ的主视图是一个三角形，其他两个投影是封闭的矩形线框，可以想象出是一个肋板三角块（肋板），在主视图左、右两边各一个。

底板Ⅲ，左视图反映了其侧面形状特征，结合主、俯视图可以想象出它是一块矩形板，上面中间的左、右两边各钻一个孔，后下方切割了部分矩形块。

③ 综合归纳，想整体。把各形体按相互位置组合在一起，想象出整个物体的形状。通过上述分析可以看出，长方体Ⅰ在底板Ⅲ的上方，左右对称，后面平齐，肋板Ⅱ对称分布在长方体Ⅰ的左右两边，位于底板Ⅰ的上方，后面平齐。这样综合想象出该轴承座的空间形状。

（2）线面分析法

当组合体中有较复杂的形体时，仅用形体分析法难以确定其形状，可借助于线面分析法确定其形状。

线面分析法就是利用线、面的投影规律，分析视图中的线条、线框的含义和空间位置，从而确定形体形状的方法。下面以图 1-16 所示的支座为例说明线面分析法的方法和步骤。支座可以看成由空心圆筒Ⅰ和底板Ⅱ两个形体组成。空心圆筒Ⅰ简单易懂；而底板Ⅱ由于被几个平面切割，形体显得比较复杂，可应用线面分析法帮助读图。

① 由正面投影中线框 p'，按投影规律在水平投影、侧面投影中找出其对应的投影 p、p''，两者均积聚成直线。因此 P 平面为正平面，其正面投影反映实形。

② 由水平投影中线框 q，按投影规律在正面投影、侧面投影中找出其对应的投影 q'、q''，

两者均积聚成直线。因此 Q 平面为水平面，其水平投影反映实形。

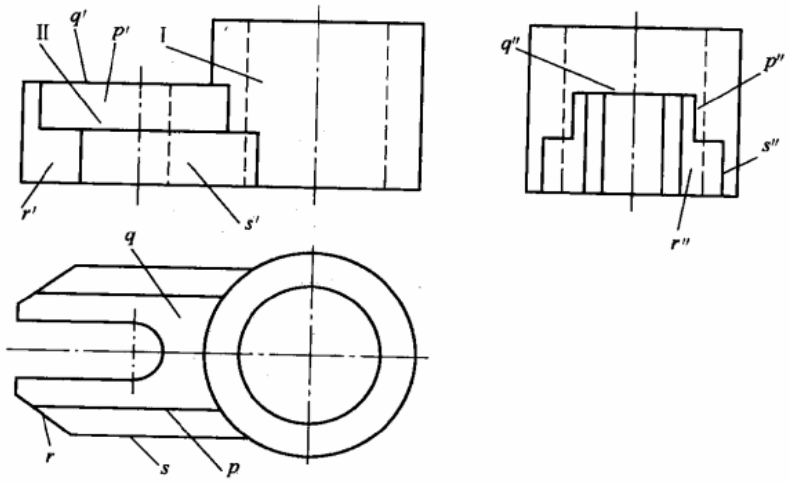


图 1-16　线面分析法

③ 由正面投影中线框 r'，按投影规律在水平投影、侧面投影中找出其对应的投影 r、r''，r 积聚成一条斜线，r'' 为封闭线框。因此 R 平面为铅垂面，其正面投影、侧面投影均不反映实形。

④ 由正面投影中线框 s'，按投影规律在水平投影、侧面投影中找出其对应的投影 s、s''，两者均积聚成直线。因此 S 平面为正平面，其正面投影反映实形。

通过以上的分析，可想象出支座的整体结构形状。

3．尺寸标注

各种零件是由基本立体组合而成，在标注尺寸时应标注出各基本立体的定形尺寸、定位尺寸及组合体的总体尺寸。零件应从基准出发标注尺寸。尺寸基准是标注定位尺寸的基准。下面以图 1-17 所示的轴承座为例，进行分析说明。

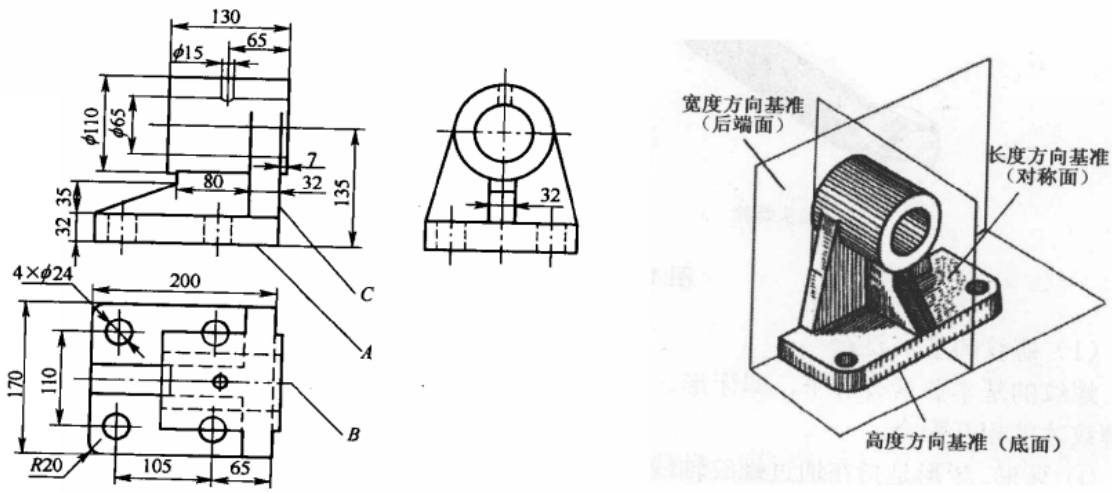


图 1-17　轴承座

（1）定形尺寸

确定组合体上基本形体大小的尺寸。轴承座由套筒、支板、肋板和底板四部分组成，应

逐个注出各部分的定形尺寸。套筒的径向尺寸ϕ110、ϕ65和轴向尺寸130及小圆柱孔直径ϕ15；支板尺寸32；肋板尺寸为80、32和35；底板尺寸有长200、宽170、高32、圆角半径*R*20和四个圆柱孔直径尺寸4×ϕ24。

（2）定位尺寸

确定组合体上基本形体间的相对位置的尺寸。选择底板底平面*A*、前后方向对称平面*B*和底板右侧面*C*分别作为高度方向、宽度方向和长度方向的尺寸基准。然后分别注出各形体相对于这些基准的定位尺寸。套筒高度方向和长度方向的定位尺寸为135和7，小圆柱孔长度方向定位尺寸为65；底板上四个小圆柱孔相对位置的尺寸105和110，这一组孔长度方向定位尺寸65。

（3）总体尺寸

确定组合体总长、总宽、总高的尺寸。轴承座的总长200，总宽170，总高190。有的组合体总体尺寸不直接注出，而是间接得出，如轴承座的总高。

知识点五　常用零件的规定画法

在各种机械设备中，螺栓、螺钉、螺母、键、销、轴承及弹簧等零件，应用最为广泛，为了便于大批量生产，它们的结构和尺寸等都按统一的规格进行了标准化，因此称它们为标准件。齿轮及弹簧等零件在机械设备中也经常应用，它们的部分参数已系列化，称之为常用件。

绘图时，对于标准件与常用件上的某些结构和形状不必按其真实投影画出，而是根据相应的国家标准所规定的画法、代号和标记进行绘图和标注。

1．螺纹

在圆柱或圆锥外表面上形成的螺纹叫做外螺纹，如螺栓是外螺纹；在圆柱或圆锥内表面上形成的螺纹叫做内螺纹，如螺母是内螺纹，如图1-18所示。

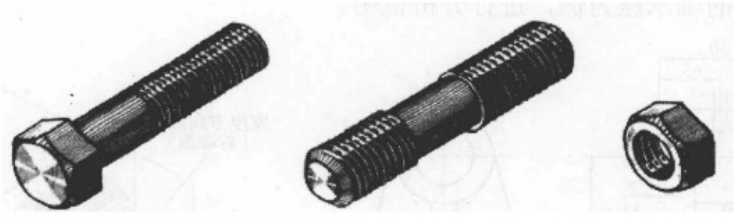


图1-18　常见的螺纹件

（1）螺纹的基本要素

螺纹的基本要素有五个，即牙形、直径、螺距、线数和旋向。螺纹五要素完全相同的内外螺纹才能相互配合。

① 牙形。牙形是指在通过螺纹轴线的断面上螺纹的轮廓形状。常用的螺纹牙形有三角形、梯形、锯齿形和矩形等。

② 直径。如图1-19所示，螺纹直径分为大径、小径和中径。

a．大径*d*、*D*。与外螺纹牙顶或内螺纹牙底相切的假想圆柱的直径。通常所说的螺纹公称直径是指螺纹大径的基本尺寸。

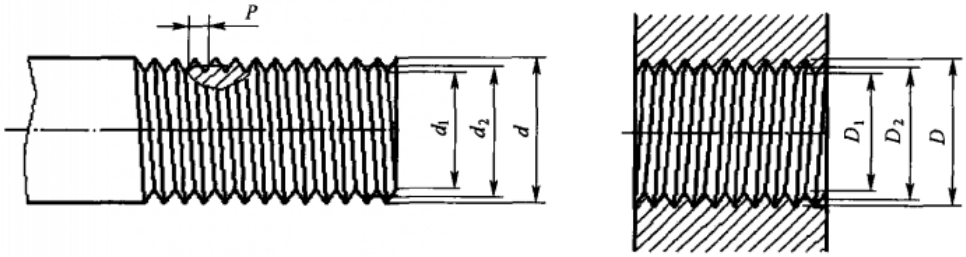


图 1-19　螺纹的直径

b．小径 d_1、D_1。与外螺纹牙底或内螺纹牙顶相切的假想圆柱面的直径。

c．中径 d_2、D_2。通过牙顶上沟槽和凸起宽度相等的地方的圆柱直径。

③ 线数 n。形成螺纹的螺旋线的条数。有单线螺纹、双线螺纹和多线螺纹之分。

④ 螺距 P 和导程 P_h。螺距 P 是相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离。导程 P_h 是同一螺旋线上相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离，如图 1-20 所示。

螺距、导程、线数的关系式为：$P_h=nP$

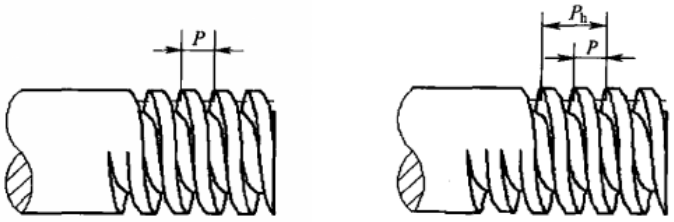


图 1-20　螺距和导程

⑤ 旋向。按顺时针方向旋进的螺纹称为右旋螺纹，按逆时针方向旋进的螺纹称为左旋螺纹，如图 1-21 所示。工程中应用的螺纹大部分为右旋螺纹。

（2）螺纹的规定画法

① 外螺纹的画法

外螺纹一般用视图表示，大径用粗实线绘制，小径用细实线绘制；在平行于螺纹轴线的投影面上的视图中，螺纹长度终止线用粗实线绘制。在垂直于螺纹轴线的投影面上的视图中，表示牙底的细实线圆只画约 3/4 圈，倒角圆不画，如图 1-22 所示。

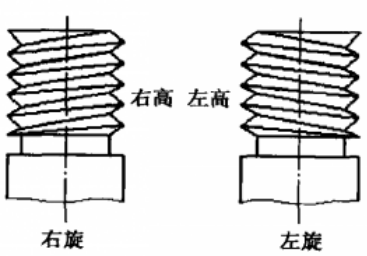


图 1-21　螺纹的旋向

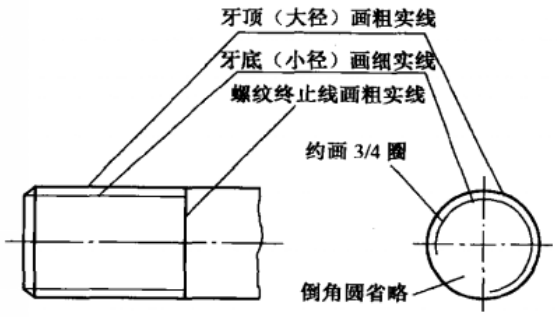


图 1-22　外螺纹的画法

② 内螺纹的画法

内螺纹一般采用剖视画法。牙底（大径）用细实线绘制，牙顶（小径）用粗实线绘制，螺纹终止线用粗实线绘制。在垂直于螺纹轴线的投影面上的视图中，表示牙底的细实线圆只画约 3/4 圈，倒角圆不画。剖面线也必须画到表示牙顶的粗实线处，如图 1-23 所示。不可见螺纹的所有图线都用虚线绘制。

③ 内外螺纹连接的画法。内外螺纹连接一般用剖视图表示。此时，内外螺纹的旋合部分按外螺纹画法绘制，其余部分仍按各自的画法绘制。对于外螺纹实心杆件，当剖切平面通过其轴线时按不剖画，如图 1-24 所示。

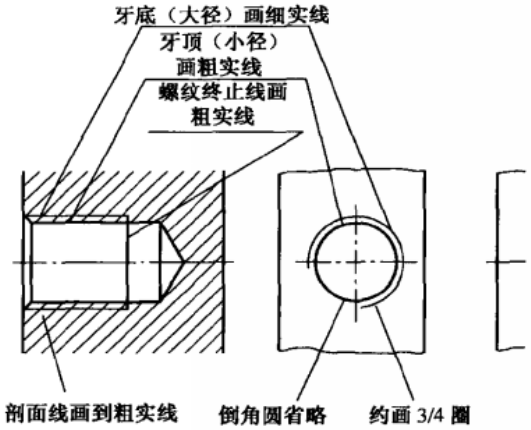


图 1-23　内螺纹的画法

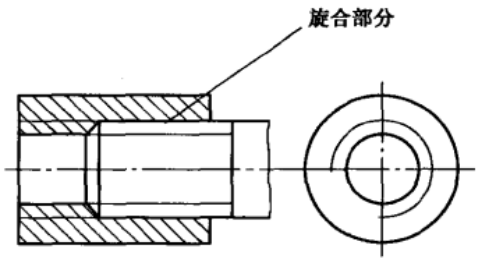


图 1-24　内外螺纹连接的画法

（3）螺纹种类及其标注

普通螺纹的应用最为广泛，它的完整标记为：

特征代号 公称直径×螺距 旋向－中径公差带代号 顶径公差带代号－旋合长度代号

例如，M20×1.5LH－5g6g—S，含义为：M 为普通螺纹代号，公称直径为 20mm，细牙，螺距为 1.5mm，左旋（LH）；中径、顶径公差带代号分别为 5g 和 6g；短旋合长度（*S*）。

说明：粗牙螺纹不注螺距，右旋不注旋向，中径和顶径公差带代号相同时只注一次，旋合长度分为三组，即长（*L*）、短（*S*）、中等（*N*），中等旋合长度可省略标注 N。

图 1-25 所示为普通螺纹标注示例。该螺纹为粗牙普通螺纹，公称直径 20mm，螺距为 2.5mm（查表），右旋；螺纹公差带：中径为 5g、大径为 6g；中等旋合长度。

（4）螺纹紧固件的种类及其标记

螺纹紧固件的种类很多，常用的有螺栓、双头螺柱、螺钉、螺母和垫圈等，其中每一种又有若干不同的类别。螺纹紧固件都是标准件，其材料、结构和加工制造方面的要求等都有具体的标准和规定。

图 1-26 为六角头螺栓标注示例。简化标记：螺栓 GB/T5782 M12×50

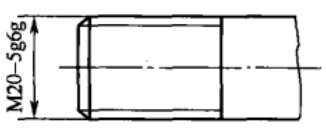


图 1-25　螺纹标注

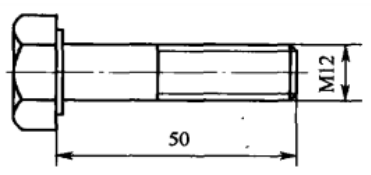


图 1-26　六角头螺栓标注

表示：螺纹规格为 M12，l=50mm，性能等级为 8.8 级，表面氧化的 A 级六角头螺栓。

各种常见螺纹紧固件结构形式和标记可查有关手册。

（5）螺纹紧固件的连接形式

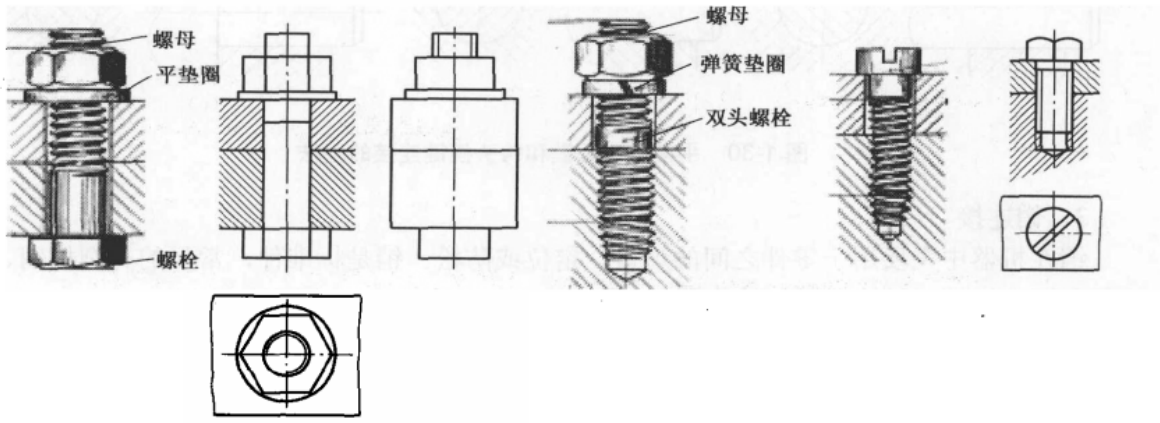
常用的螺纹紧固件连接形式有螺栓连接、双头螺柱连接和螺钉连接，根据零件被紧固处的厚度和使用要求选用不同的连接形式。

① 螺栓连接。螺栓连接件有螺栓、螺母和垫圈。

② 双头螺柱连接。螺柱连接件有双头螺柱、螺母和垫圈。

③ 螺钉连接。螺钉连接不需螺母，而是直接将螺钉旋入螺纹孔。

螺纹连接形式及其简化画法如图 1-27 所示。



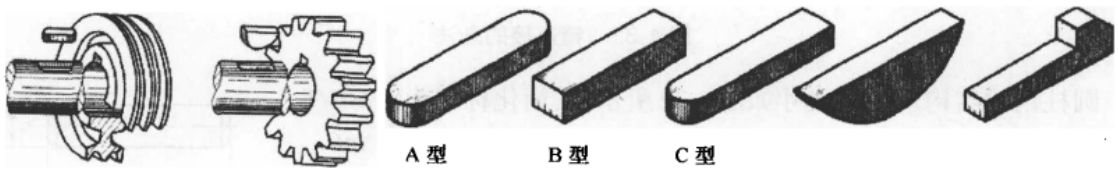
（a）螺栓连接　　（b）螺柱连接　　（c）螺钉连接

图 1-27　紧固件的连接形式及简化画法

2．键连接

键用来连接轴与安装在轴上的带轮、齿轮或链轮等，起着传递扭矩的作用。

键是标准件，种类很多，常用的有普通平键、半圆键和钩头形楔键等，其中普通平键应用最广，如图 1-28 所示。



（a）普通平键　　（b）半圆键　　（c）钩头楔键

图 1-28　常用的几种键

图 1-29 所示为普通平键的结构形式及规格尺寸，其标记为键 GB/T 1096 C18×11 ×100。表示单圆头普通平键（C 型），b=18mm，h=11mm，L=100mm（A 型可不标出 A）。

各种键的型式、标准、画法及标记可查有关手册。

图 1-30 为键连接的装配画法，主视图的剖视通过轴和键的轴线，轴和键均按未被剖切绘制。为了表达键在轴上的安装情况，轴又采用了局部剖视。

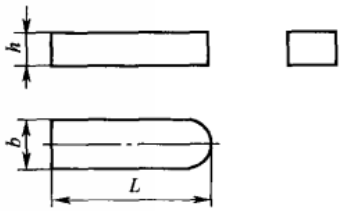


图 1-29　键的结构及规格尺寸

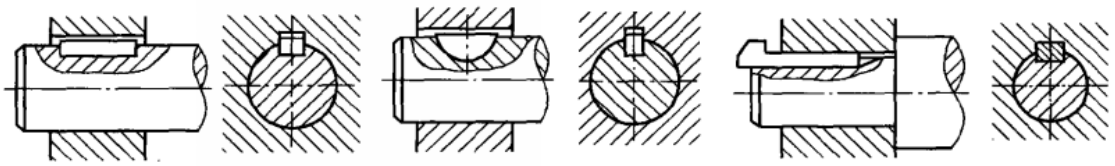


图 1-30　平键、半圆键和钩头楔键连接的画法

3．销连接

销在机器中主要用于零件之间的连接、定位或防松。销是标准件，常见的有圆柱销、圆锥销和开口销等。销连接的画法如图 1-31 所示。

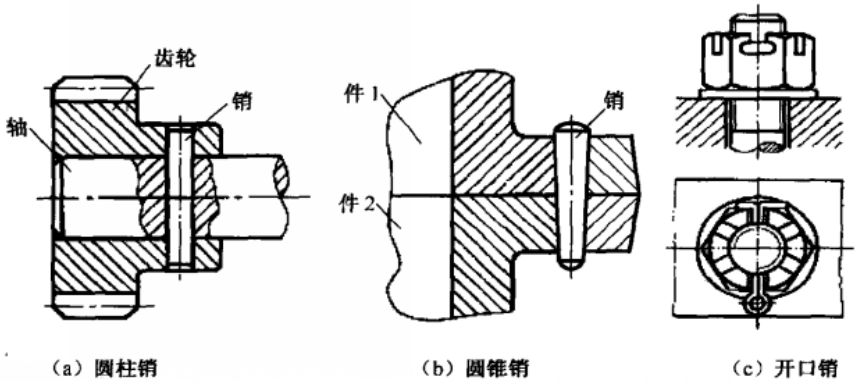


图 1-31　销连接的画法

圆柱销的结构及规格尺寸如图 1-32 所示，其简化标记为销 GB/T 119.2 8×60。表示：公称直径 d=8mm，长度 l=60mm，公差为 m6，材料为钢，普通淬火（A 型），表面氧化的圆柱销。

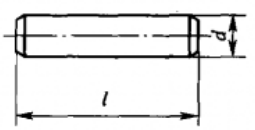


图 1-32　圆柱销的结构及规格尺寸

各种销的形式、画法及标记可查有关手册。

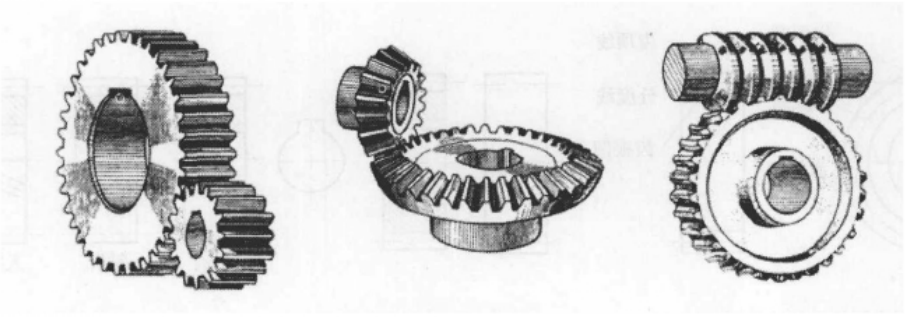
4．齿轮

齿轮是机械传动中应用广泛的一种传动件，它不仅可以用来传递动力，而且可以用来改变轴的转速和旋转方向。

常见的齿轮有：圆柱齿轮，常用于两平行轴的传动；锥齿轮，常用于两相交轴的传动；涡杆、涡轮，用于两交叉轴的传动，如图 1-33 所示。

（1）圆柱齿轮

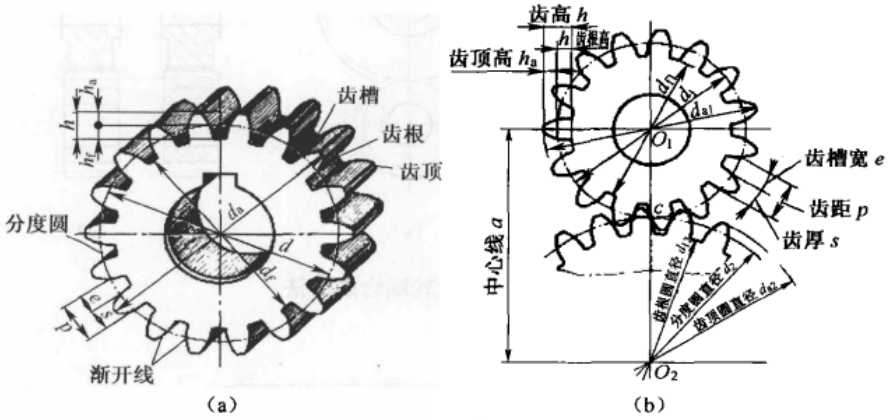
圆柱齿轮应用最为广泛，其轮齿有直齿、斜齿、人字齿等。



(a)　　(b)　　(c)

图 1-33　齿轮传动

① 直齿圆柱齿轮的轮齿各部分名称及代号。如图 1-34 所示，说明一下直齿圆柱齿轮的几个几何要素。



(a)　　(b)

图 1-34　齿轮轮齿各部分名称及代号

a．齿顶圆。通过轮齿顶面的圆，其直径以 d_a 表示。

b．齿根圆。通过轮齿根部的圆，其直径以 d_f 表示。

c．分度圆。一个介于齿顶圆与齿根圆之间的假想圆，其直径以 d 表示。

d．齿距。分度圆上相邻两个轮齿上对应点之间的弧长，以 p 表示。齿距由齿厚 s 和齿槽宽 e 组成。对于标准齿轮，分度圆上的齿厚 s 与齿槽宽 e 相等，均为齿距的一半，即：

$$s=e=p/2 \qquad p=s+e$$

e．齿高齿 h、齿顶高 h_a、齿根高 h_f 均为径向距离。

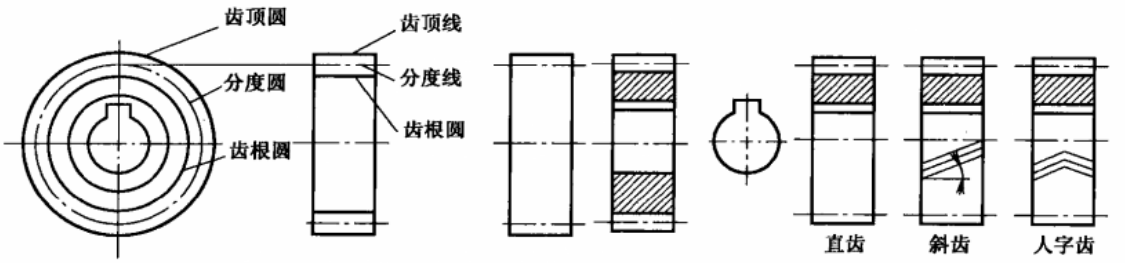
f．单个圆柱齿轮的规定画法，见图 1-35。

② 圆柱齿轮啮合的画法，如图 1-36 所示。

（2）锥齿轮

锥齿轮轮齿一端大另一端小，齿厚和齿槽宽等也随之由大到小逐渐变化，各处的齿顶圆、齿根圆和分度圆也不相等。规定各几何尺寸指大端尺寸。

① 直齿锥齿轮的画法。锥齿轮的规定画法与圆柱齿轮基本相同。单个锥齿轮画法如图 1-37 所示。齿根圆及小端分度圆均不必画出。



（a）直齿圆柱齿轮的视图画法　（b）直齿圆柱齿轮的剖视画法　（c）圆柱齿轮轮齿表示法

图 1-35　单个圆柱齿轮的规定画法

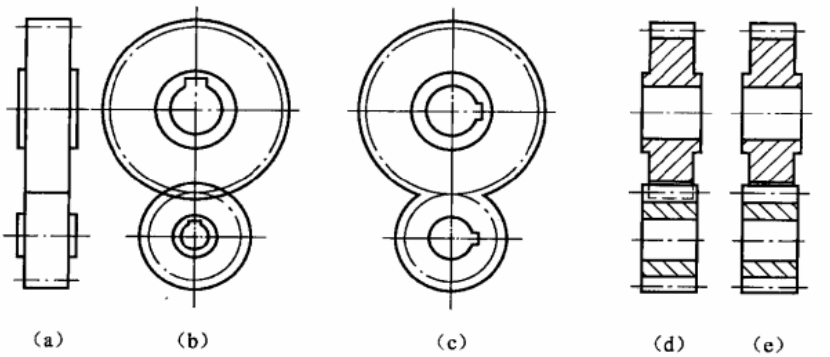


图 1-36　圆柱齿轮啮合的画法

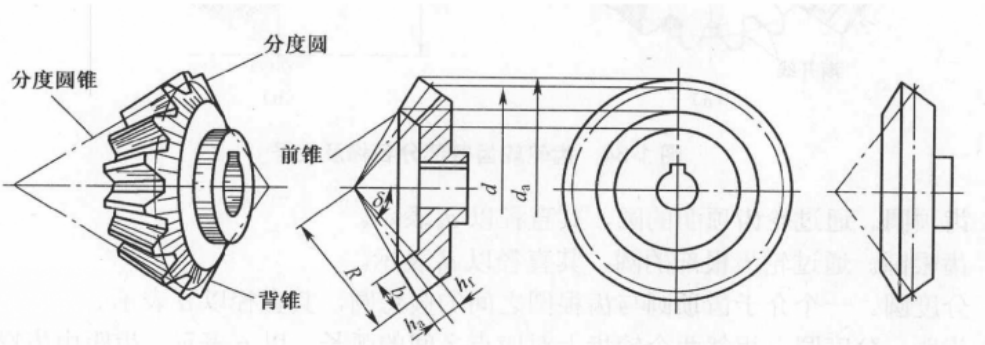


图 1-37　直齿圆锥齿轮及其画法

② 锥齿轮啮合的画法。锥齿轮啮合的画法与圆柱齿轮啮合的画法基本相同，如图 1-38 所示。

5．滚动轴承

滚动轴承是支承旋转的部件，广泛应用在机械设备中，其种类很多，并已经标准化。

如图 1-39 所示，滚动轴承的结构由外圈、内圈、滚动体和保持架四部分组成。按承受载荷方向的不同，可将其分为三类。

（1）向心轴承

主要承受径向载荷，如深沟球轴承。

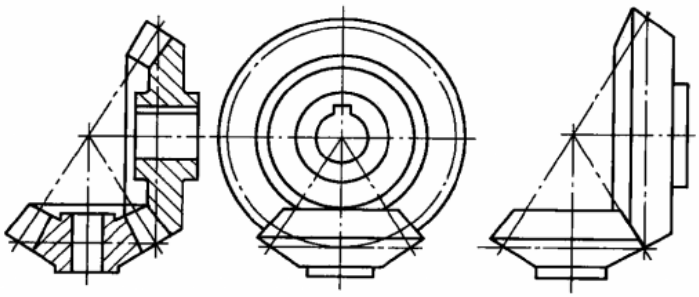


图 1-38　直齿圆锥齿轮啮合的画法

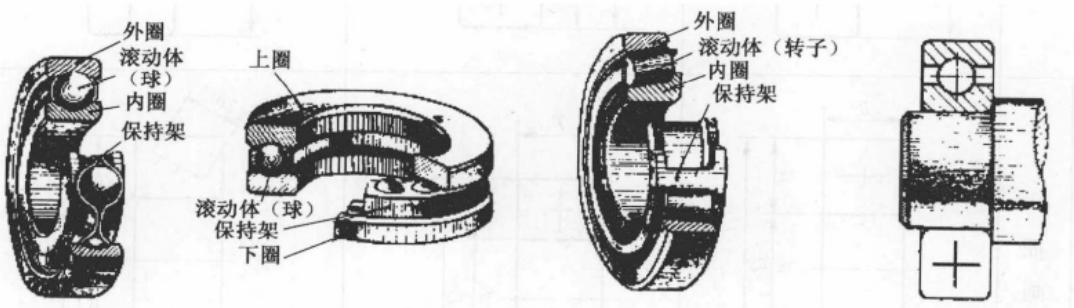


图 1-39　滚动轴承

（2）推力轴承

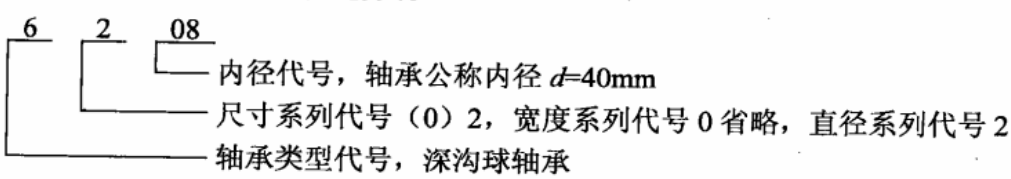
主要承受轴向载荷，如推力球轴承。

（3）向心推力轴承

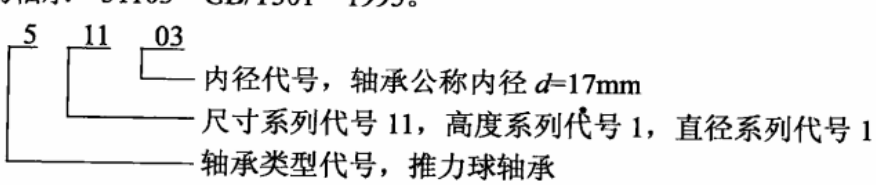
能同时承受径向载荷和轴向载荷，如圆锥滚子轴承。

滚动轴承的基本代号由轴承类型代号、尺寸系列代号和内径代号构成，以下是轴承基本代号举例：

① 滚动轴承　6208　GB/T276—1994。



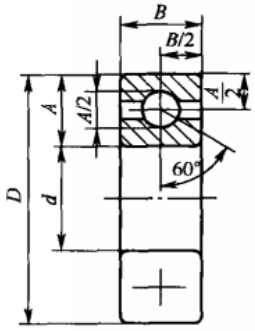
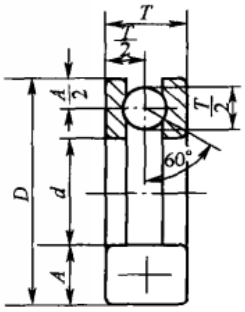
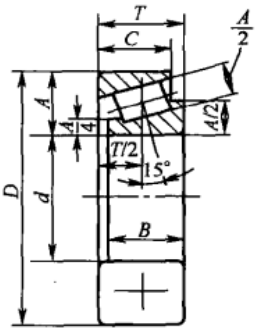
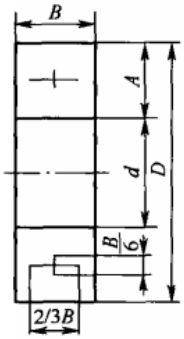
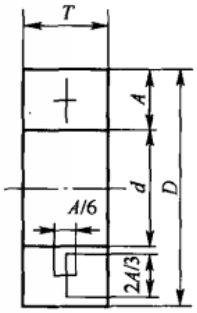
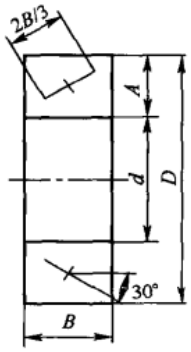
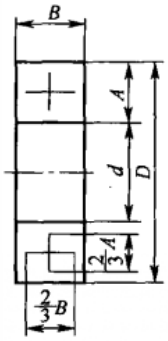
② 滚动轴承　51103　GB/T301—1995。



滚动轴承的画法有简化画法和规定画法两种，见表 1-5。

简化画法包括通用画法和特征画法。在剖视图中，当不需要确切表示滚动轴承的外形轮廓、载荷特性、结构特征时，可采用通用画法，如需较形象地表示滚动轴承的结构特征，可采用特征画法。

表 1-5　　常用滚动轴承的画法

类型名称		深沟球轴承	推力球轴承	圆锥滚子轴承
规定画法				
简化画法	特征画法			
	通用画法			

在滚动轴承的产品图样、产品样本及说明书等图样中，可采用规定画法。

知识点六　装配图识读及举例

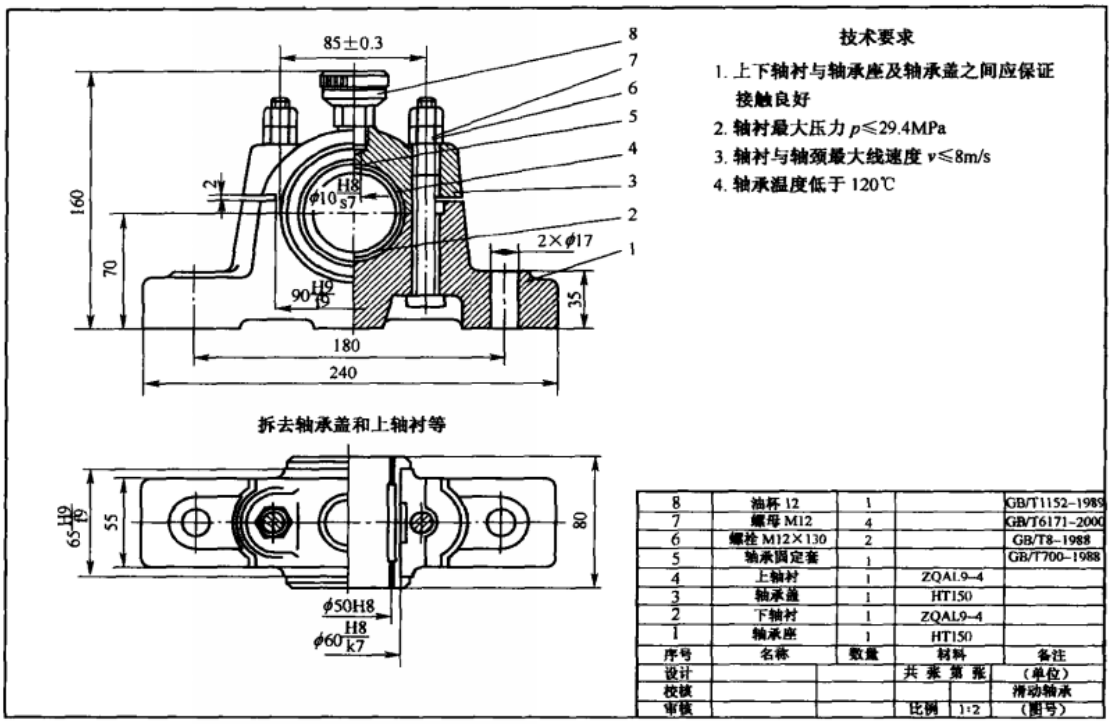
1．装配图

装配图是表示装配体的工作原理、各零件间的连接及装配关系等内容的图样。它是表达设计思想、指导装配加工、使用和维修以及进行技术交流的重要技术文件。

在设计、装配、检验、维修部件或机器设备时，经常要阅读装配图。通过识读装配图可以了解装配体的名称、用途、结构及工作原理；了解装配体上各零件之间的位置关系、装配关系、连接方式及装拆顺序；读懂各零件的结构形状，分析判断装配体中各零件的动作过程；能从装配体中正确拆画零件图。

2．装配图的主要内容

图 1-40 所示为滑动轴承装配图。可以看出一张装配图具备的主要内容有：一组图形、必要的尺寸、技术要求以及标题栏、零件序号和明细栏。



序号	名称	数量	材料	备注
8	油杯 12	1		GB/T1152-1989
7	螺母 M12	4		GB/T6171-2000
6	螺栓 M12×130	2		GB/T8-1988
5	轴承固定套	1		GB/T700-1988
4	上轴衬	1	ZQAL9-4	
3	轴承盖	1	HT150	
2	下轴衬	1	ZQAL9-4	
1	轴承座	1	HT150	
设计			共 张 第 张	（单位）
校核				滑动轴承
审核			比例 1:2	（图号）

图 1-40　滑动轴承装配图

（1）装配图中的图形

装配图中的图形用来表达装配体的结构、工作原理、零件间的装配关系及零件的主要结构形状，不要求把每个零件的各部分结构都完整地表达出来。

装配图的规定画法如下。

① 相邻两零件的接触面和配合面只画一条线，非接触面应画两条线；相邻两零件的剖面线方向相反，或用改变间隔大小、错开等方法加以区别；同一张图样上同一零件的剖面线应相同。

② 装配图中的实心件和标准件如按纵向剖切，且剖切面通过对称平面时，均按不剖绘制，但反映实心杆件上的凹坑、键槽、销孔要用局部剖视图表示。

装配图的简化画法如下。

① 装配图上若干个相同的零件组，如螺栓、螺钉等可较详细地画出一处，其余只要画出中心线位置即可，如图 1-41（a）所示。

② 装配图上零件的部分工艺结构如倒角、退刀槽、刻线等可省略不画。

③ 在能够清楚表达产品和装配关系的条件下，装配图中可以仅画出其简化后的轮廓，如图 1-41（b）所示。

④ 滚花刻线采用简化画法，只画一部分滚花，如图 1-41（c）所示。

（2）装配图中的尺寸

装配图上应标注与装配体有关的性能、装配、外形、安装等尺寸，不必注出全部尺寸。

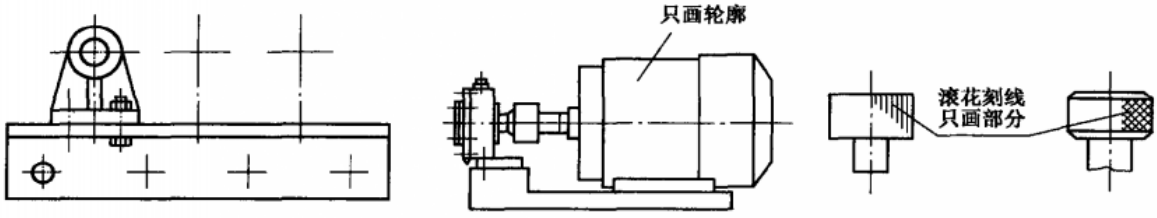


图 1-41　简化画法

如图 1-40 所示，$\phi 60\frac{H8}{K7}$、$90\frac{H9}{F9}$ 为配合尺寸；尺寸 180 为安装尺寸；尺寸 240、80、160 均为总体尺寸，还有其他重要尺寸，如运动件的极限位置尺寸、零件间的主要定位尺寸、设计计算尺寸等。

（3）技术要求

装配图的技术要求一般采用文字注写在明细栏的上方或图样下方的空白处。主要是针对该装配体的工作性能、装配及检验要求、调试要求及使用与维护要求所提出的。不同的装配体具有不同的技术要求。

（4）标题栏、零件序号、明细栏

装配图上对每个零件或部件都编写序号，可以根据零件序号查阅明细栏，以了解各个零件的名称、材料和数量等。零件序号的编写顺序一般沿水平或垂直方向顺时针或逆时针整齐地依次排列。明细栏是装配图中全部零件的详细目录，主要内容包括零件序号、代号、名称、数量、材料等。一般绘制在标题栏上方，其内容自下而上填写。

3．读装配图的方法和步骤

读装配图的方法是先概括了解，再逐步细致分析。图 1-42 所示为机用滑动轴承轴测分解图，先了解滑动轴承结构特点及装配关系，再识读该装配图。

（1）概括了解装配体的整体情况

了解标题栏：先从标题栏中了解到该部件名称是滑动轴承，绘图比例为 1∶2；

了解明细栏：从明细栏中了解到该轴承共由 8 种零件组成，其中，螺栓、螺母、油杯都是标准件，其他零件为专用件。

初步看视图：装配图采用了两个基本视图，即主视图和俯视图。

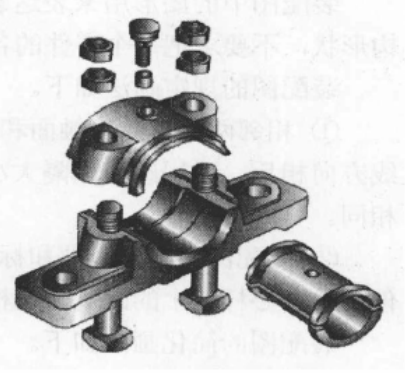


图 1-42　滑动轴承轴测分解图

（2）分析各个视图以及视图之间相互的关系，弄清各视图表达的重点

主视图采用半剖视图表达，反映滑动轴承的工作原理和零件间的装配关系。俯视图的一半拆去轴承盖和上轴衬，表达了轴承座的一部分结构。

（3）分析工作原理和零件的装配关系

主视图基本上反映了滑动轴承的工作原理和装配关系：上、下轴衬装在轴承固定套和轴承座之间，并用 2 个螺栓、4 个螺母将总体连接在一起。油杯装在轴承盖上面。

（4）分析零件结构形状和用途

应依据剖面线确定各零件的投影范围。首先将复杂零件在各个视图上的内外轮廓搞清楚，然后运用形体分析法及线面分析法进行综合分析，找各个图形之间的投影关系，还应分析该

零件的作用。下面是对几个主要零件的作用和结构形状分析。

① 轴承座，是为了装入轴衬，并使轴承自由地在轴衬内活动。

② 轴承盖，与轴承座通过螺栓连接在一起，为了放置轴衬和轴承使用。

③ 为了使轴承在轴承套内转动灵活，两端轴颈与轴承采用基孔制间隙配合（60H8/k7）。

④ 油杯与轴承盖配合，采用基孔制间隙配合（ϕ10H8/S7）。

将几个主要零件（如轴承座、轴承盖等）的结构形状弄懂后，根据装配图上零件的作用和装配关系仔细分析其余的零件就比较容易了。

通过以上的分析，并结合装配图上所标注的尺寸、技术要求等进行全面的归纳总结，形成一个完整的认识，才能全面读懂装配图。

项目学习评价

一、思考练习题

（1）完成全剖左视图（见图 1-43）。

（2）完成侧面投影（见图 1-44）。

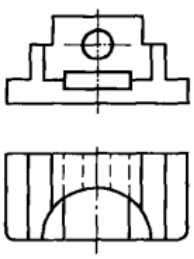


图 1-43　题（1）图

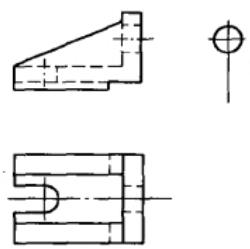


图 1-44　题（2）图

（3）纠正螺纹的绘制错误，将正确的绘制在下面的指定位置（见图 1-45）。

（4）完成该螺纹的标注：普通螺纹，大径 24mm，螺距 3mm，左旋，公差代号为 7h（见图 1-46）。

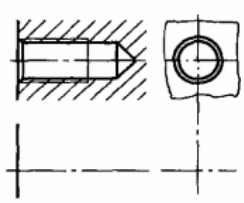


图 1-45　题（3）图

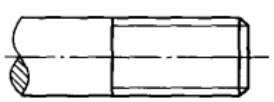


图 1-46　题（4）图

二、自我评价、小组互评及教师评价

评价方面	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 制图的基本知识及应用	10				
	② 掌握三视图、剖视图的投影方法	10				
	③ 掌握制图中的标注方法	10				
	④ 常用零件的画法	10				

续表

评价方面	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
实操技能	① 识读零件图	15				
	② 识读装配图	15				
	③ 能够进行简单的测绘	20				
学习态度	① 学习努力	5				
	② 学习技能积极肯干	5				
安全文明生产	按规范进行操作					

三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

项目二　机械零部件加工尺寸的认知

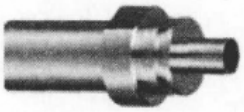
项目情境创设

毛坯





精密零件



同学们在学习机械加工中都了解到，加工零件的第一步是选择合适的毛坯，然后进行相应的加工工艺，以得到我们所需要的形状、尺寸和精度的零件。当我们拿到一个毛坯件，触觉会告诉我们毛坯表面和零件表面的手感是不同的，毛坯表面比较粗糙，而成形的零件特别是一些精密零件表面光滑，有些甚至类似于镜面。这就是我们对于零件加工部位加工尺寸的直观认识，下面我们深入了解能够影响零件加工尺寸和加工质量的两个主要因素：表面粗糙度及形位公差的相关知识。

项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 在零件图中正确识读表面粗糙度的标注，并根据工艺选择正确的加工方法 ② 在零件图中正确识读形位公差的标注 ③ 掌握过渡配合、过盈配合和间隙配合的正确装配方法	实训操作	4
知识目标	① 掌握表面粗糙度和形位公差的概念 ② 理解过渡配合、过盈配合和间隙配合的概念 ③ 掌握表面粗糙度和形位公差的正确标注方法	理论讲授	4

项目基本功

一、项目基本技能

任务一　认识机械零部件表面粗糙度

1．表面粗糙度的定义

表面粗糙度是指加工表面具有的较小间距和微小峰谷不平度（见图 2-1）。其两波峰或两波谷之间的距离（波距）很小（在 1mm 以下），用肉眼是难以区别的，因此它属于微观几何形状误差。它直接影响产品的表面质量和使用性能。控制表面粗糙度有助于提高产品质量，保证产品的性能，并可延长产品的使用寿命。因此，零件的表面粗糙度是一项控制零件表面质量的重要指标。

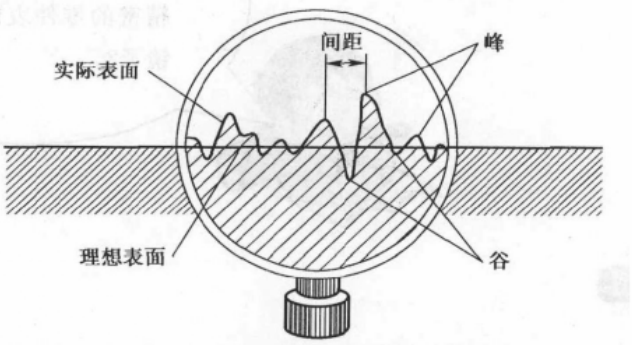


图 2-1　表面粗糙度放大状况

2．影响表面粗糙度的因素

影响零件加工表面粗糙度的因素很多，例如，不同加工方法和机床精度、夹具精度和刚度、刀具的几何参数和磨损情况、切削用量和切屑分离的塑性变形、工艺系统中存在的振动等都会影响零件表面粗糙度。因此，应该针对各种影响表面粗糙度的因素，合理选择加工方法以获得零件功能的表面粗糙度。

3．表面粗糙度的参数（GB 3505—83，GB/T 1031—1995）

（1）参数种类

评定表面粗糙度的参数，常用的为 R_a、R_z、R_y 三种高度参数表示。

（2）常用高度参数定义

高度参数是以轮廓的峰、谷高度方向（Y 方向）来计算的表面粗糙度参数，是常用的表面粗糙度评定参数。粗糙度高度参数值 R_a、R_z、R_y 的定义：

R_a——轮廓算术平均偏差；

R_z——微观不平度高度；

R_y——轮廓最大高度。

由于 R_a 反映轮廓的全面情况，又便于计算，可实现仪器自动测量，因此各国均以 R_a 作为

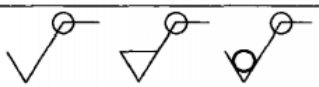
表面粗糙度的主要评定参数。

4．表面粗糙度代（符）号及标注方法（GB/T 131）

（1）零件表面粗糙度的符号

零件表面粗糙度的符号见表 2-1。

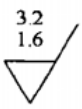
表 2-1　　零件表面粗糙度的符号

符　号	意义和说明
	基本符号，表示表面可用任何方法获得。当不加注粗糙度参数值或有关说明（例如：表面处理、局部热处理状况等）时，仅适用于简化代号标注
	基本符号加一短划，表示表面是用去除材料的方法获得。例如：车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工、气割等
	基本符号加一小圆，表示表面是用不去除材料的方法获得。例如：铸、锻、冲压变形、热轧、粉末冶金等。 或者用于保持原供应状况的表面（包括保持上道工序的状况）
	在上述三个符号的长边上均可加一横线，用于标注有关参数和说明
	在上述三个符号上均可加一小圆，表示所有表面具有相同的表面粗糙度要求

（2）表面粗糙度符号上的附加标注

① 高度参数轮廓算术平均偏差 R_a 的标注（见表 2-2）。R_a 在符号中用数值表示（单位为 μm）。由于 R_a 是最常用的参数，因此在 R_a 的参数值前省略标注参数代号 R_a。

表 2-2　　表面粗糙度 R_a 值的标注实例

代　号	意　义
	用任何方法获得的表面粗糙度，R_a 的上限值为 3.2μm
	用不去除材料的方法获得的表面粗糙度，R_a 的上限值为 3.2μm
	用去除材料的方法获得的表面粗糙度，R_a 的上限值为 3.2μm
	用去除材料的方法获得的表面粗糙度，R_a 的上限值为 3.2μm，R_a 的下限值为 1.6μm

续表

代　号	意　义
3.2 max	用任何方法获得的表面粗糙度，R_a 的最大值为 3.2μm
3.2 max	用不去除材料的方法获得的表面粗糙度，R_a 的最大值为 3.2μm
3.2 max	用去除材料的方法获得的表面粗糙度，R_a 的最大值为 3.2μm
3.2 max 1.6 min	用去除材料的方法获得的表面粗糙度，R_a 的最大值为 3.2μm，R_a 的最小值为 1.6μm

② 表面粗糙度参数 R_z 及 R_y 的标注（见表 2-3）。R_z 和 R_y 参数符号在标注中不能省略，需在参数值前注出相应的参数代号。

表 2-3　　R_z、R_y 的标注

代　号	意　义
R_z 3.2	用任何方法获得的表面粗糙度，R_z 的上限值为 3.2μm
R_z3.2	用不去除材料的方法获得的表面粗糙度，R_z 的上限值为 3.2μm
R_z3.2 R_y1.6	用去除材料的方法获得的表面粗糙度，R_z 的上限值为 3.2μm，R_y 的下限值为 1.6μm
3.2 R_y1.6	用去除材料的方法获得的表面粗糙度，R_z 的上限值为 3.2μm，R_y 的上限值为 12.5μm
R_y3.2max	用任何方法获得的表面粗糙度，R_y 的最大值为 3.2μm
R_z3.2max	用不去除材料的方法获得的表面粗糙度，R_z 的最大值为 3.2μm

续表

代　号	意　义
R_z3.2max R_z1.6min	用去除材料的方法获得的表面粗糙度，R_z 的最大值为 3.2μm，最小值为 1.6μm
3.2max R_y1.6max	用去除材料的方法获得的表面粗糙度，R_z 的最大值为 3.2μm，R_y 的最大值为 1.6μm

（3）表面粗糙度值应用实例（见表 2-4）

表 2-4　　粗糙度值应用实例

表面粗糙度		表面外观情况	获得方法举例	应 用 举 例
R_a	名　称			
	毛面	除净毛口	铸、锻、轧制等经清理的表面	如机床床身、主轴箱、溜板箱、尾架体等未加工表面
50	粗面	明显可见刀痕	毛坯经粗车、粗刨、粗铣等加工方法所获得的表面	一般的钻孔、倒角、没有要求的自由表面
25		可见刀痕		
12.5		微见刀痕		
6.3	半光面	可见加工痕迹	精车、精刨、精铣、刮研和粗磨	支架、箱体和盖等的非配合表面，一般螺栓支承面
3.2		微见加工痕迹		箱、盖、套筒要求紧贴的表面，键和键槽的工作表面
1.6		看不见加工痕迹		要求有不精确定心及配合特性的表面，如轴承配合表面、锥孔等
0.8	光面	可辨加工痕迹方向	金刚石车刀精车、精铰、拉刀和压刀加工、精磨、珩磨、研磨、抛光	要求保证定心及配合特性的表面，如支承孔、衬套、胶带轮工作面
0.4		微辨加工痕迹方向		要求能长期保证规定的配合特性的、公差等级为 7 级的孔和 6 级的轴
0.2		不可辨加工痕迹方向		主轴的定位锥孔，d<20mm 淬火的精确轴的配合表面

任务二　机械零部件配合与极限

装配在一起的零件（如轴和孔），只有各自达到相应的技术要求后，装配在一起才能满足所设计的松、紧程度和工作精度要求，实现功能并保证互换性。这个技术要求就是要控制零件功能尺寸的精度。控制的办法是限制功能尺寸不超出设定的极限值。同时从加工的经济性

考虑，也必须要有这一技术要求。国家标准 GB/T 1800.1—1997 等对尺寸极限与配合分类做了基本规定。在相同规格的一批零件或部件中，任取一零件，不须选择或修配就能装在机器上，达到规定的性能要求，零件的这种性质就称为互换性。零件的互换性是现代化机械工业的重要基础，既有利于装配或维修机器又便于组织生产协作，进行高效率的专业化生产。而极限与配合制度，是实现互换性的一个基本条件。

1．极限相关尺寸的术语（GB/T 1800）

（1）孔和轴

① 孔。指工件的圆柱形内表面，也包括其他内表面中由单一尺寸确定的非圆柱形内表面。

② 轴。指工件的圆柱形外表面，也包括其他外表面中由单一尺寸确定的非圆柱形外表面。

（2）基本尺寸

（*D*、*d*）设计时给定的尺寸。它应该符合长度标准、直径标准，以减少定值刀具、量具的种类。它是设计者经过计算或根据经验确定的。

（3）实际尺寸

通过测量获得的尺寸。由于存在测量误差，所以实际尺寸不一定是尺寸的真值。又由于测量误差具有随机性，多次测量同一尺寸所得的实际尺寸可能是不相同的。此外由于被测工件形状误差的存在，测量器具与被测工件接触状态的不同，其测量结果也是不同的。我们把任何两相对点之间测得的尺寸，称为“局部实际尺寸”。通常所谓实际尺寸均指局部实际尺寸，即两点法测得的尺寸。

（4）极限尺寸

实际尺寸与基本尺寸不同，但也不能相差太多，因此，必须用极限尺寸来限制实际尺寸的变动范围。极限尺寸是一个孔或轴允许的尺寸变化的两个极端值。孔或轴允许的最大尺寸称为最大极限尺寸，孔或轴允许的最小尺寸称为最小极限尺寸（见图 2-2）。

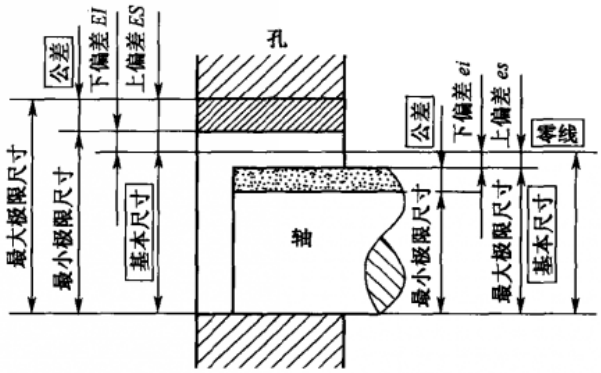


图 2-2　术语图解

① 最大极限尺寸。它是实际尺寸所允许达到的最大限度，超出这个尺寸，工件就不合格。

② 最小极限尺寸。它是实际尺寸所允许达到的最小限度，小于这个尺寸的工件也不合格。

2．有关偏差与公差的术语

（1）偏差

某一尺寸（如实际尺寸、极限尺寸等）减其基本尺寸所得的代数差称为偏差。偏差可以为正、负或零。偏差可以分为实际偏差和极限偏差。

① 实际偏差。实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。

② 极限偏差。极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为极限偏差。

③ 上偏差。最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差。孔的上偏差以 *ES* 表示，轴的上偏差以 *es* 表示。

④ 下偏差。最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。孔的下偏差以 *EI* 表示，轴的下偏差以 *ei* 表示。

上偏差和下偏差可以是正数、负数，也可以其中之一是 0。极限尺寸比基本尺寸大时，偏差就是正数；极限尺寸比基本尺寸小时，偏差就是负数；极限尺寸等于基本尺寸时，偏差就等于 0。为了避免发生错误，如果是正偏差，就在偏差数字前注上“+”号；如果是负偏差，就在偏差前注上“–”号。

（2）公差

公差是最大极限尺寸减其最小极限尺寸之差，或上偏差减下偏差之差，也称尺寸公差。公差是允许尺寸的变动量。公差不为零，永远是个正值。工作图中在基本尺寸的后面都注出允许的偏差数。通常把上偏差注在基本尺寸后的上方，下偏差注在基本尺寸后的下方。

例如：一轴的直径为 $\phi 40^{+0.015}_{-0.010}$。根据以上定义，我们可以清楚地将尺寸偏差分析如下：

基本尺寸 40（mm）；

最大极限尺寸为 40+0.015=40.015（mm）；

最小极限尺寸为 40–0.010=39.990（mm）；

公差为 40.015–39.990=0.025（mm）；

上偏差为+0.015；

下偏差为–0.010。

即轴的直径要做得既不大于 40.015mm 又不小于 39.990mm 就算合格了。

（3）公差带（见图 2-3）

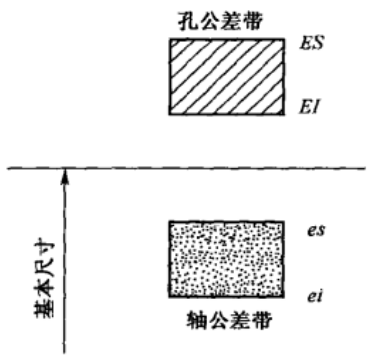


图 2-3　公差带示意图

由代表上、下偏差，或者最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的一个区域称为公差带，确定偏差的一条基准线称为零线。一般情况下，零线代表基本尺寸，零线之上为正偏差，零线之下为负偏差。公差带包括了“公差带大小”与“公差带位置”，国标规定公差带的大小和位置分别由标准公差和基本偏差来确定。

3．有关配合的术语

（1）配合

基本尺寸相同的互相结合的孔和轴公差带之间的关系称为配合。根据相互结合的孔、轴公差带不同的相对位置关系，可以把配合分成三类：间隙配合、过盈配合和过渡配合。

（2）间隙

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得之差为正值时，此差值称为间隙。

（3）间隙配合（见图 2-4）

间隙配合指具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合，如图 2-4 所示。此时，孔的公差带在轴的公差带之上。由于孔、轴的实际尺寸允许在各自的公差带内变动，所以孔、轴配合的间隙也是变动的。为了得到轴和孔，要有适当要求的间隙配合，这个间隙不能大于、小于一定的数值。因此，对于每种间隙配合要规定出最大间隙和最小间隙。

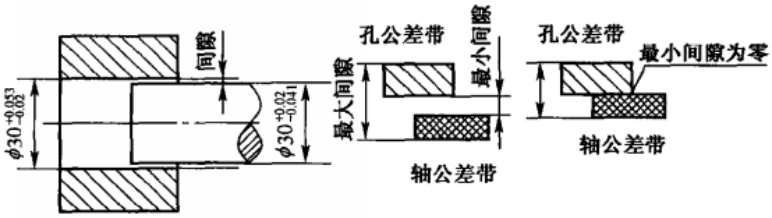


图 2-4　间隙配合

① 最大间隙（X_{max}）。在间隙或过渡配合中孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸之差，即当孔为最大极限尺寸而轴为最小极限尺寸时，称为最大间隙。装配后的孔、轴为最松的配合状态。

② 最小间隙（X_{min}）。在间隙配合中孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸之差，即当孔为最小极限尺寸而轴为最大极限尺寸时，称为最小间隙。装配后的孔、轴为最紧的配合状态。间隙配合的 3 个特点：a. 孔的实际尺寸永远大于或等于轴的实际尺寸；b. 孔的公差带在轴的公差带的上方；c. 允许孔轴配合后能产生相对运动。

（4）过盈

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得之差为负值时，此差值称为过盈。

（5）过盈配合

过盈配合指具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之下。为了使轴和孔有适应要求的紧度，过盈不能小于一定数值，不然，就得不到需要的紧度。同时过盈也不能大于一定的数值，不然装配时就需要很大的力，而且会有损坏外面零件的危险。也就是说，每一种过盈配合都必须规定出最大过盈和最小过盈。

① 最大过盈（Y_{max}）。在过盈配合或过渡配合中，孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸之差，称为最大过盈，是孔、轴配合的最紧状态。

② 最小过盈（Y_{min}）。在过盈配合中，孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸之差，称为最小过盈，是孔、轴配合的最松状态。过盈配合的特点：a. 孔的实际尺寸永远小于或等于轴的实际尺寸；b. 孔的公差带在轴的公差带的下方；c. 允许孔轴配合后使零件位置固定或传递载荷。

（6）过渡配合

过渡配合指可能具有间隙或过盈的配合。孔和轴虽然都在公差范围内，如果孔的最大极限尺寸和轴的最小极限尺寸相配，可得到最大间隙。如果孔的最小极限尺寸和轴的最大极限尺寸相配，又可以获得最大过盈。因此这样的配合，既可能是间隙配合，也可能是过盈配合，把这种配合，规定为过渡配合，它是介于间隙和过盈之间的一种配合（如图 2-5 所示）。过渡配合的特点：a. 孔的实际尺寸可能大于或小于轴的实际尺寸；b. 孔的公差带与轴的公差带相互交叠；c. 孔轴配合时，可能存在间隙，也可能存在过盈。

4. 基孔制配合与基轴制配合

为了得到不同性质的配合，可以同时改变两配合零件的极限尺寸；也可以将一个零件的极限尺寸保持不变，只改变另一配合零件的极限尺寸以达到要求的配合性质。为了获得最大的技术经济效果，《公差与配合》标准中规定了两种体制的配合系列——基孔制和基轴制。

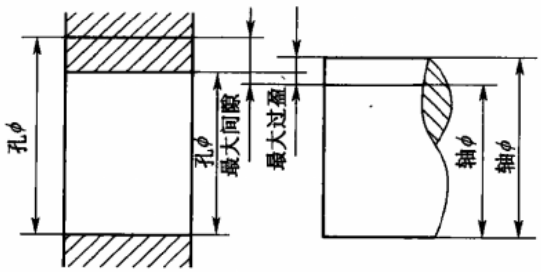


图 2-5　过渡配合

（1）基孔制

基本偏差为一定的孔的公差带，与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。在基孔制中，孔为基准孔，根据国家标准规定，基准孔的下偏差（*EI*）为零，基准轴的基准孔的上偏差为（+）值；基本偏差代号为 *H*，如图 2-6（a）所示。

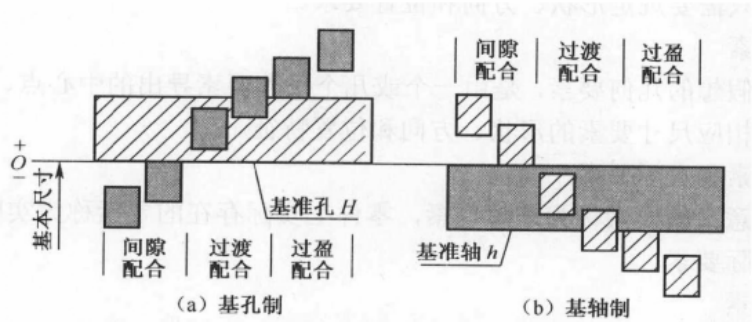


图 2-6　基孔制和基轴制

（2）基轴制

基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度。在基轴制中，轴为基准轴，根据国家标准规定，基准轴的代号用小写字母“*h*”表示，其上偏差（*es*）为零，如图 2-6（b）所示。

在实际生产中，选用基孔制还是基轴制，主要从机器结构、工艺要求和经济性等方面的因素来考虑。一般情况下，常采用基孔制，因为加工相同等级的孔和轴时，孔的加工比轴要困难些。特别是加工小尺寸的精确孔时，需采用价值昂贵的定值刀量具（如绞刀、拉刀等），这种刀具每种规格一般只用于加工一种尺寸的孔，故需要量大。如采用基孔制，就可减少刀具和量具的数量。而轴的加工则不然，用同一刀具可以加工出不同尺寸的轴，因而采用基孔制的经济效果较好。

二、项目基本知识

知识点一　形位公差

机械产品的质量不仅取决于零件尺寸制造的准确性，还取决于零件的表面形状和相互位置制造的准确性。形位公差是零件表面形状公差和相互位置公差的统称。形位公差是指加工成的零件的实际表面形状和相互位置，相对于其理想形状与理想位置的允许变化范围。形位

公差研究的对象就是零件几何要素本身的形状精度和有关要素之间相互的位置精度问题。

1．要素

要素是指构成零件几何特征的点、线和面。要素可以是实际存在的，如素线、交线、曲线、平面、圆柱面、曲面等；有的要素则实际上是不存在的，而需要从其轮廓要素取得的，如中心点、球心、圆心、中心线轴线等。

（1）轮廓要素

轮廓要素是零件上实际存在的面或面上的线。也就是说，轮廓要素是构成零件外形的面或面上的线。通俗地可以认为轮廓要素是零件上可以被视觉或触觉感知的要素，所以，轮廓要素主要是各种轮廓面。轮廓要素又可分为：尺寸要素和非尺寸要素。尺寸要素是由一定大小的长度（线性）尺寸或角度尺寸确定的几何形状。例如，由直径尺寸确定的圆柱面和球面，由直径尺寸和椎角尺寸确定的圆锥面。非尺寸要素是没有尺寸的几何形状，如平面、直线等，所以，为了实现一定的功能，对尺寸要素应该规定适当的尺寸、形状、方向和位置要求，而对非尺寸要素则只需要规定形状、方向和位置要求。

（2）中心要素

中心要素是假想的几何要素，是由一个或几个尺寸要素导出的中心点、中心线或中心面。主要用于表达其相应尺寸要素的形状、方向和位置特征。

（3）理想要素和实际要素

具有几何学意义的要素称为理想要素，零件上实际存在的要素称为实际要素，通常都以测得要素代替实际要素。

（4）被测要素

给出了形状和位置公差要求的要素，称为被测要素。被测要素又可分为单一要素和关联要素两种。

① 单一要素。仅对其本身给出形状公差要求的要素。图 2-7 中所示的轴线即为单一要素。

② 关联要素。对其他要素有功能关联的要素，称为关联要素。图 2-8 中所示的基准面 A 即为关联要素。

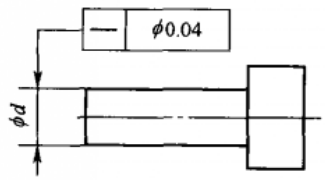


图 2-7　单一要素

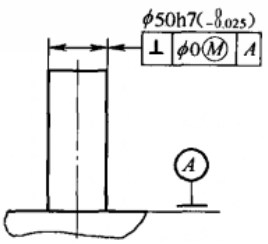


图 2-8　关联要素

（5）基准要素

用来确定被测要素方向或位置关系的要素。如图 2-9 中 *A* 基准和 *B* 基准所组成的基准要素。

（6）形状公差

形状公差是单一实际要素的形状所允许的变动全量。

（7）位置公差

位置公差是关联实际要素的位置对基准允许的变

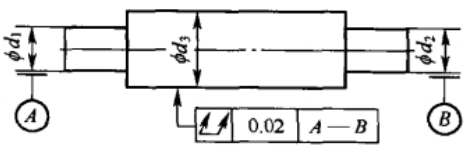


图 2-9　基准要素

动全量。位置公差分为定向、定位和跳动公差。

① 定向公差。定向公差用来控制面对面、面对线、线对面和线对线的平行度误差。包括：平行度//；垂直度⊥；倾斜度∠，被测要素分为直线和平面；被测和基准之间关系为线对线、线对面、面对线、面对面。其公差带的特点：a. 相对于基准有确定的方向；b. 具有综合控制被测要素的方向和形状的能力。

② 定位公差。定位公差为关联实际被测要素对具有确定位置的理想要素所允许的变动全量。用来控制点、线或面的定位误差。

③ 跳动公差。跳动公差为关联实际被测要素绕基准轴线回转一周或连续回转时所允许的最大变动量。可用来综合控制被测要素的形状误差和位置误差。跳动公差是针对特定的测量方式而规定的公差项目。

2．符号表示法（GB/T 1182—996）

国家标准规定了为保证产品质量所需要的各项形状和位置公差，并规定了形位公差和尺寸公差之间关系的表示符号及标注方法。

（1）形位公差的分类

形位公差分为形状公差和位置公差两大类。形状公差是对单一要素的要求，它包括直线度、平面度、圆度、圆柱度。位置公差是对关联要素的要求，它包括定向公差、定位公差及跳动公差。定向公差，即平行度、垂直度和倾斜度；定位公差，即位置度、同轴（同心）度和对称度；跳动公差，即圆跳动和全跳动。线轮廓度和面轮廓度，如无基准要求，属形状公差；有基准要求，则属位置公差。

（2）形位公差的符号

公差特征符号、形位公差特征符号见表 2-5。

表 2-5　　形位公差符号

分　类	项　目	符　号	分　类		项　目	符　号
形状公差	直线度	—	位置公差	定向	平行度	//
					垂直度	⊥
	平面度	▱			倾斜度	∠
	圆度	○		定位	同轴度	◎
	圆柱度	⌭			对称度	⌯
	线轮廓度	⌒			位置度	⌖
	面轮廓度	⌓		跳动	圆跳动	↗
					全跳动	⌰

（3）框格标注法（GB/T 1182—1996）

在技术图样中，用形位公差代号标注机件的形位公差要求，能更好地表达设计意图，严格地注出完整的内容，使工艺、检测有统一的理解。我国标准采用的符号和标注方法与国际一致。

框格的组成：在图样上形位公差代号是用矩形方框（在其相应的小格中标出的公差特征符号、公差值、基准符号、附加符号）和带箭头的指引线表示的（见图 2-10）。矩形方框由 2～5 格的小方框组成。框格从左到右填写的内容分别是：第一个为公差特征代号，如//；第二格为公差带形状符号，第三格到第五格为基准符号。用一个或者多个字母表示基准要素或基准体系。

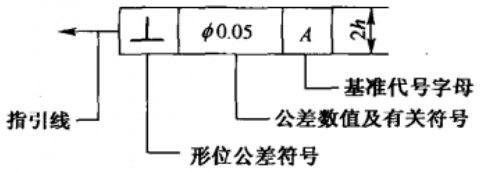


图 2-10　形位公差代号

项目学习评价

一、思考练习题

（1）国家标准中规定表面粗糙度的主要评定参数有哪三项？

（2）已知基本尺寸为 ϕ50mm 的轴，其最小极限尺寸为 ϕ49.98mm，公差为 0.01mm，试计算它的上偏差和下偏差分别是多少？（单位 mm）

（3）简述过渡配合、过盈配合和间隙配合的区别。

二、自我评价、小组互评及教师评价

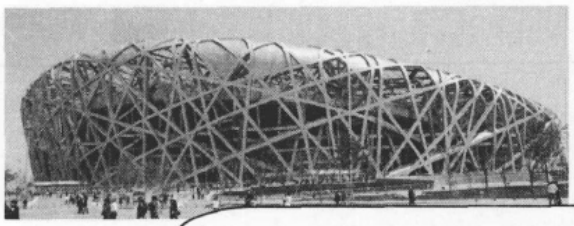
评价方面	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 表面粗糙度的概念	10				
	② 表面粗糙度的正确标注	10				
	③ 基孔制和基轴制配合的概念	10				
	④ 形位公差的正确标注	10				
实操技能	① 识读加工图纸中粗糙度的标注含义	15				
	② 识读加工图纸中形位公差的标注含义	10				
	③ 掌握粗糙度和形位公差在加工操作中的含义	25				
学习态度	① 学习努力	5				
	② 学习技能积极肯干	5				
安全文明生产	按规范进行操作					

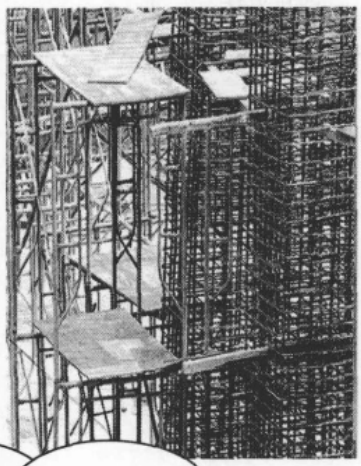
三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

项目三　金属材料与热处理加工

项目情境创设





建造鸟巢的这种材料和平常我们盖房子的材料一样吗？它们都有什么特性？还能够制造其他的产品吗？



学习机械专业，从手中的工具到加工的零件，每天都要与各种各样的金属材料打交道，为了能够正确地认识和使用金属材料，合理地确定不同金属材料的加工方法，充分发挥材料的潜力，就必须熟悉金属材料的牌号，了解它们的性能和变化规律。

项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 掌握钳工常用金属材料的简易鉴别方法 ② 通过金属特性的学习，掌握金属工艺学的工艺性能，并灵活运用 ③ 运用热处理知识进行简单的热处理（如錾子的热处理）	参观（电教）或实训操作	2
知识目标	① 理解金属材料的基本分类 ② 掌握金属的力学性能和工艺性能 ③ 掌握常用工业钢材的牌号及其用途 ④ 理解和掌握基本热处理方式	理论讲授	4

项目基本功

一、项目基本技能

任务一　金属材料的简易鉴别

在某些特定的现场环境，我们需要运用所学的知识对常用的金属材料进行快速的鉴别，通常我们根据生产中形成的火花、色标、材料断口和音响进行简易的鉴别。

常用简易鉴别方法有火花鉴别和断口鉴别两种。

1．火花鉴别方法

（1）火花鉴别原理和火花的组成

① 火花鉴别是利用试样在砂轮上磨削时发射出的火花来鉴别钢种的方法。这种方法快速、简便，在冶金和机械制造工厂的车间现场广泛用以鉴别钢种混号和进行废钢分类，并用以鉴定热处理后表面的含碳量。在没有其他分析手段的情况下，也用以大致估量钢材的成分。

② 火花的组成如下。

a．火束。钢材在砂轮上磨削，产生的全部火花叫火束。整个火束分为根花、间花和尾花，如图 3-1 所示。

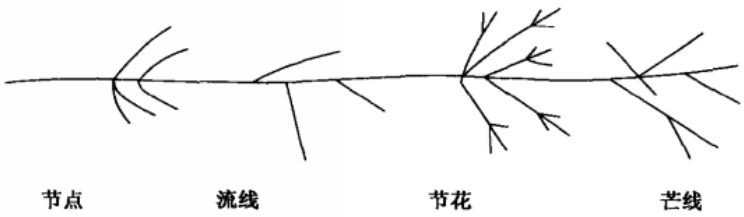


图 3-1　火束示意图

b．流线。火束中明亮的线条成为流线，流线中途爆裂的地方称为节点，由节点发射出来的细流线称为芒线。在流线上由节点、芒线所组成的火花称为爆花。随着碳含量的增加，在芒线上继续爆裂产生二次花、三次花以及多次花不等。分散在爆花之间的点状火花称为花粉，如图 3-2 所示。

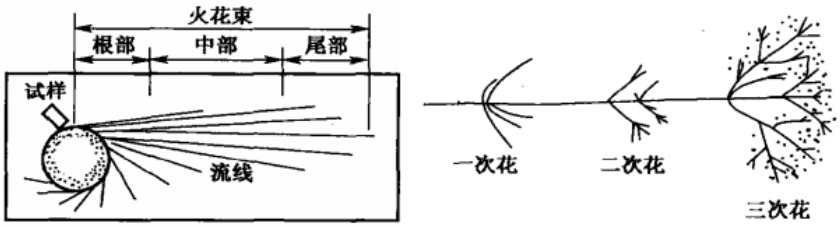


图 3-2　火花束的构成

c．尾花。火束尾部的火花称为尾花，根据尾花形状，可以判断钢中合金元素的种类。常

见的尾花有：枪尖尾花、直羽尾花、狐尾花和钩状尾花。例如，直羽尾花是钢中硅元素的特征；枪尖尾花是钢中钼元素的特征；狐尾花是钢中钨元素的特征，在高速钢中常出现狐尾花。

（2）火花鉴别的设备和操作方法

火花鉴别的主要设备是砂轮机。砂轮的转速一般为 3000r/min，所用砂轮是 36～60 号棕钢玉砂轮，砂轮的规格以ϕ150mm×25mm 为宜。进行火花鉴别时，操纵者应戴上无色眼镜，场地光线不宜太亮，以免影响火花色泽及清晰程度。操作中应仔细观察，从火花的颜色、形状、长短和尾花的特征等多方面进行判断。一般来说，钢中含碳量越多，火花越多，火束也由长趋向短。锰、铬、钒促进火花的爆裂，钨、硅、镍、钼和铝抑制火花的爆裂。

常用金属材料的火花特征如表 3-1 所示。

表 3-1　　常用金属的火花特征

类　型	图　示	说　明
低碳钢（以 20 钢为例）		整个火束较长，颜色呈橙黄带红，芒线稍粗，发光适中，流线稍多，多根分叉爆裂，呈一次花
中碳钢（以 45 钢为例）		整个火束稍短，颜色呈橙黄色，发光明亮，流线多而稍细，以多根分叉二次花为主，也有三次花，花量占整个火束的 3/5 以上，火花盛开
高碳钢（以 T10 钢为例）		火束较中碳钢短而粗，颜色呈橙红色，根部色泽暗淡，发光稍弱，流线多而细密，爆花为多根分叉三次花，小碎花和花粉量多而密集，花量占整个火束的 5/6 以上。磨削时手感较硬
高速钢（W18Cr4V 钢为例）		火束细长，呈暗红色，发光极暗。由于受大量钨元素的影响，几乎无火花爆裂，仅在尾部有分叉爆裂，花量极少，流线根部及中部呈断续状态，尾部膨胀并下垂成点状狐尾花。磨削时感觉材料较硬

2．断口鉴别方法

化学成分不同的钢铁材料，其断口的特征也不相同。通过肉眼观察其断口特征，可以对钢铁材料进行一般鉴定，这种鉴别方法叫做断口鉴别法。常用钢铁材料的断口特征如下。

① 低碳钢：由于含碳量低，塑性好，并易敲弯而不易敲断，故一般应先锯开切口后再进行敲击。低碳钢的断口显示银白色，断口处能看到均匀的颗粒，断口边缘有明显的塑性变形现象存在。

② 中碳钢：它比低碳钢易敲，其断口呈银白色，比较平整，颗粒较低碳钢细，没有明显的塑性变形现象。

③ 高碳钢：端口呈银白色，平整，没有塑性变形的现象，颗粒很细。

④ 灰口铸铁：容易敲断，断口呈暗灰色，晶粒粗大，组织比较疏松。

⑤ 铸铁：非常容易敲断，断口呈亮白色，晶粒较细。

二、项目基本知识

知识点一　常用金属材料的特性

金属材料的性能决定着材料的适用范围及应用的合理性。金属材料的性能主要分为四个方面：机械性能、化学性能、物理性能和工艺性能。以下介绍金属材料的机械性能和工艺性能。

1．金属材料的机械性能

任何机械零件或工具在使用过程中往往受到各种形式的外力作用，如轴类零件要受到弯矩、扭力的作用等。这就要求金属材料在一定条件承受外力（载荷）作用下，有抵抗变形和断裂的能力，这种能力称为金属材料的机械性能（也称为力学性能）。衡量金属材料机械性能的指标主要有：强度、塑性、硬度、冲击韧性、疲劳强度。

（1）强度

强度是指金属材料在静荷作用下抵抗破坏（过量塑性变形或断裂）的性能。由于载荷的作用方式有拉伸、压缩、弯曲、剪切等形式，所以强度也分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。衡量强度的指标分别是屈服强度 R_{el} 和抗拉强度 R_m。屈服强度是指金属材料受拉力作用到某一程度时，其变形突然增加很大时的材料抵抗外力的能力。屈服强度分为上屈服强度和下屈服强度，下屈服强度数值较稳定，在金属材料中，一般用下屈服强度代表其屈服强度

$$R_{el}=\frac{F_{el}}{S_o}$$

式中，R_{el}——下屈服强度，单位为 MPa；

F_{el}——屈服时的最小载荷，单位为 N；

S_o——试样原始横截面积，单位为 mm^2。

抗拉强度是指材料在断裂前所能承受的最大应力。

$$R_m=\frac{R_m}{S_o}$$

式中，R_m——抗拉强度，单位为 MPa；

F_m——试样在屈服阶段后所能抵抗的最大力，单位为 N；

S_o——试样原始截面面积，单位为 mm^2。

（2）塑性

材料受力后在断裂之前产生塑性变形的能力称为塑性。衡量塑性的两个指标分别是：断后伸长率 A 和断面收缩率 Z。断后伸长率 A 是指试样拉断后，标距的伸长量与原始标距之比的百分率。

$$A=\frac{L_u-L_o}{L_o}\times 100\%$$

式中，L_o——试样原始标距长度，单位为 mm；

L_u——试样拉断后的标距长度，单位为 mm。

断面收缩率 Z 是指试样拉断后，缩颈处面积变化量与原始横截面面积比值的百分率。

$$Z=\frac{S_o-S_u}{S_o}\times 100\%$$

式中，S_o——试样原始横截面面积，单位为 mm^2；

S_u——试样拉断后缩颈处的横截面面积，单位为 mm^2。

金属材料的断后伸长率和断面收缩率越高，其塑性越好。塑性好的材料，易于变形加工。

（3）硬度

硬度是衡量金属材料软硬程度的指标。目前生产中测定硬度方法最常用的是压入硬度法，它是用一定几何形状的压头在一定载荷下压入被测试的金属材料表面，根据被压入程度来测定其硬度值。常用的方法有布氏硬度（HB）、洛氏硬度（HRA、HRB、HRC）和维氏硬度（HV）等方法。

（4）冲击韧性

表示材料在冲击载荷作用下抵抗变形和断裂的能力（用符号 ak 表示）。一般把 ak 值低的材料称为脆性材料，ak 值高的材料称为韧性材料。

（5）疲劳强度

疲劳强度是指金属材料在无限多次交变载荷作用下而不破坏的最大应力称为疲劳强度或疲劳极限。实际上，金属材料并不可能做无限多次交变载荷试验。一般试验时规定，钢在经受 7～10 次、非铁（有色）金属材料经受 8～10 次交变载荷作用时不产生断裂时的最大应力称为疲劳强度。当施加的交变应力是对称循环应力时，所得的疲劳强度用 σ-1 表示。

许多机械零件，如轴、齿轮、轴承、叶片、弹簧等，在工作过程中各点的应力随时间作周期性的变化，这种随时间作周期性变化的应力称为交变应力（也称循环应力）。在交变应力的作用下，虽然零件所承受的应力低于材料的屈服点，但经过较长时间的工作后产生裂纹或突然发生完全断裂的现象称为金属的疲劳。

疲劳破坏是机械零件失效的主要原因之一。据统计，在机械零件失效中有 80%以上属于疲劳破坏，而且疲劳破坏前没有明显的变形，所以疲劳破坏经常造成重大事故，所以对于轴、齿轮、轴承、叶片、弹簧等承受交变载荷的零件要选择疲劳强度较好的材料来制造。

2．金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指金属材料对于不同加工工艺方法的适应能力，它包括铸造性能、锻压性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能等。工艺性能直接影响零件的制造工艺、质量及成本，是选材和制订零件工艺路线时必须要考虑的重要因素。

（1）铸造性能

铸造性能是指铸造成形过程中获得外形准确、内部健全的铸件的能力。铸造性能主要取决于金属的流动性，即充满铸模能力、收缩性，铸件凝固时体积收缩的能力和偏析倾向，化学成分不均性，如图 3-3 所示。

（2）锻压性能

锻压性能是指用锻压成型方法获得优良锻件的难易程度。常用塑性和变形抗力两个指标来综合衡量。塑性越好，变形抗力越小，则金属的锻压性能良。

（3）焊接性能

焊接性能是指金属材料对焊接加工的适应性，也就是在一定的焊接工艺条件下，获得优

质焊接接头的难易程度。

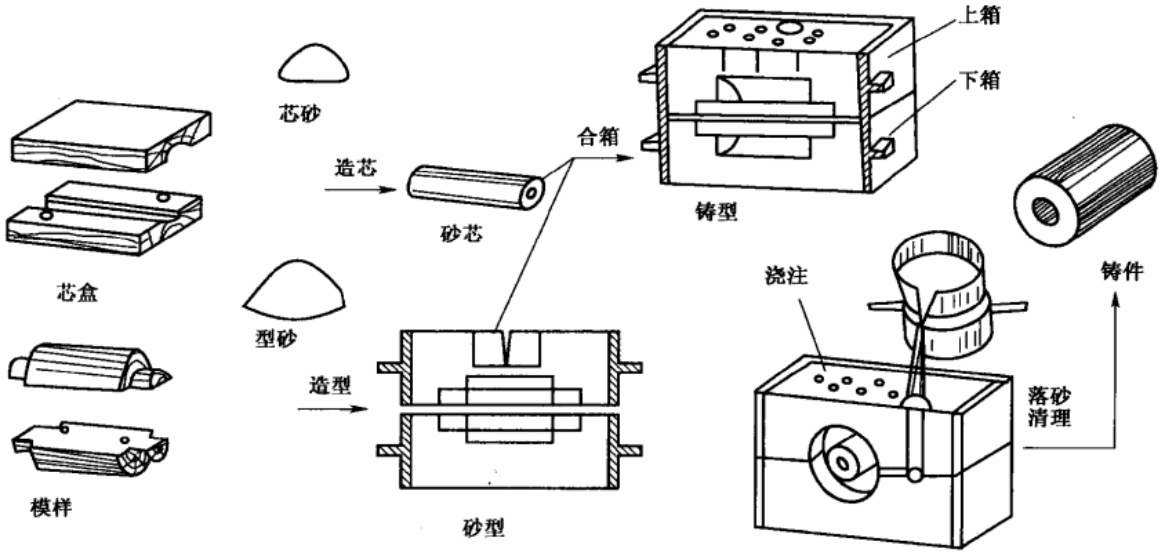


图 3-3　铸造过程

（4）切削加工性能

切削加工性能是指切削金属材料的难易程度。一般用工件切削时的切削速度、切削抗力大小、断屑能力、刀具的耐用度以及加工后的表面粗糙度来衡量，金属的切削加工如图 3-4 所示。

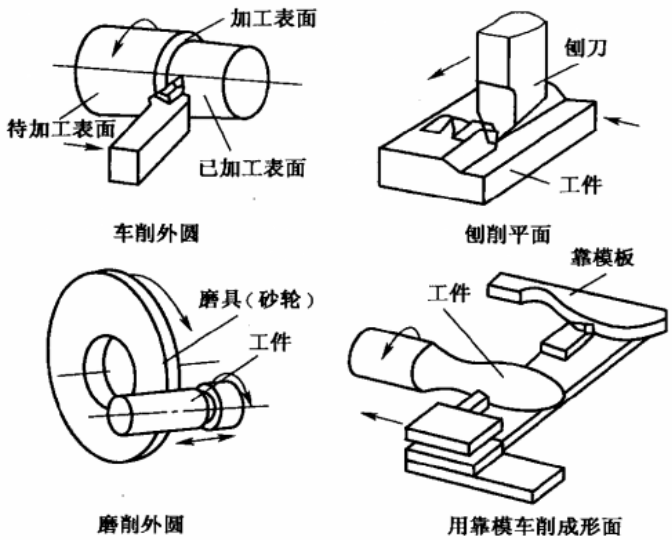


图 3-4　金属切削加工

（5）热处理性能

热处理是改善钢切削加工性能的重要途径，也是改善材料力学性能的重要途径。热处理性能包括淬透性、淬硬性、过热敏感性、变形开裂倾向、回火脆性倾向、氧化脱碳倾向等，热处理过程如图 3-5 所示。

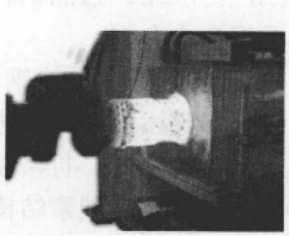


图 3-5　热处理过程

知识点二　常用工业用金属材料和用途

金属材料是应用最广泛的材料，目前仍占据材料工业的主导地位，包括黑色金属的型钢、钢板及钢带、钢管、钢丝、钢丝绳，有色金属的棒材、线材、板材、带材及箔材、管材 10 大类。黑色金属：如生铁、铁合金、铸铁、钢、合金钢等。钢和生铁都是以铁为基础，以碳为主要添加元素的合金，统称为铁碳合金。习惯上把碳含量大于 2.11%的归类于铁，碳含量小于 2.11%的归类于钢。当铁中含碳量在 0.03%～2.12%范围时则为钢，含碳量为 2.12%～2.5%的铁缺乏实用性，一般不进行工业生产。

1．金属材料的分类

金属是工业中应用广泛的材料，其中钢铁的用量最大，一般金属具有优良的工艺性能和力学性能，通常把以铁及铁碳为主的合金（钢铁）称为黑色金属，而把其他金属及其合金称为有色金属。常用金属材料的分类见表 3-2。

表 3-2　　金属材料的分类

<table>
<tr><td rowspan="12">金属材料</td><td rowspan="9">黑色金属</td><td rowspan="7">钢</td><td rowspan="4">碳素钢</td><td>碳素结构钢</td></tr>
<tr><td>优质碳素结构钢</td></tr>
<tr><td>碳素工具钢</td></tr>
<tr><td>铸造碳钢</td></tr>
<tr><td rowspan="3">合金钢</td><td>合金结构钢</td></tr>
<tr><td>合金工具钢</td></tr>
<tr><td>特殊性能钢</td></tr>
<tr><td rowspan="3">铸铁</td><td colspan="2">白口铸铁</td></tr>
<tr><td colspan="2">灰铸铁</td></tr>
<tr><td colspan="2">麻口铸铁</td></tr>
<tr><td rowspan="3">有色金属</td><td colspan="3">铜及铜合金</td></tr>
<tr><td colspan="3">铝及铝合金</td></tr>
<tr><td colspan="3">钛及钛合金</td></tr>
<tr><td colspan="4">硬质合金</td></tr>
</table>

2．工业常用金属材料的分类、牌号和用途

工业常用金属材料为碳素钢和铸铁。

（1）碳素钢

碳素钢简称碳钢，是最基本的铁碳合金，是含碳量在 0.0218%～2.11%范围的铁碳合金。由于碳钢容易冶炼，价格便宜，具有较好的力学性能和优良的工艺性能，可满足一般机械零件、工具和日常轻工业产品的使用要求，因此碳钢在机械制造、建筑、交通运输等许多部门得到广泛应用。按照钢材的用途不同，碳钢可分为普通碳素结构钢、优质碳素结构钢、碳素工具钢和合金钢。

① 普通碳素结构钢

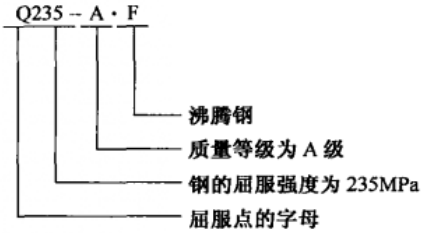
普通碳素结构钢又称普通碳素钢，含碳量小于 0.38%，以小于 0.25%最为常用。其冶炼容易、工艺性能好、价格便宜、产量大，能满足一般工程构建及普通零件的要求。这类钢一般为低、中碳钢。碳素结构钢牌号由以下四部分组成：

a．屈服点字母：Q—钢屈服强度“屈”，汉语拼音首字母。

b．屈服点强度数值（单位 MPa）。

c．质量等级符号：A、B、C、D 级，A～D 依次提高。

d．脱氧方法符号：F—沸腾钢；b—半镇静钢；Z—镇静钢；TZ—特殊镇静钢。在牌号中若为 Z 和 TZ 则予以省略。例如：



这类钢的炼制过程比较简单，生产费用较低，价格便宜，广泛地应用于工程建筑、车辆、船舶以及一般的桥梁、容器等金属结构。Q235 是用途最广的碳素结构钢，属于低碳钢，其塑性、韧性优良，常用来制造建筑构件、钢筋、不重要的轴类、螺钉、螺母等。Q235—C、Q235—D 还可用于制造较重要的焊接结构件。

② 优质碳素结构钢

这类钢中有害杂质及非金属夹杂物含量较少，化学成分控制得也较严格，塑性、韧性较好，运用于制造较重要的机械零件。这类钢的牌号用两位数字表示平均含碳量的万分数，如 45 钢即表示 C=0.45%的优质碳素结构钢。对于沸腾钢则在尾部增加符号 F，如 10F、15F。

08、10、15、20、25 等牌号属于低碳钢，其塑性好，易于拉拔、冲压、挤压、锻造和焊接。其中 20 钢用途最广，常用来制造螺钉、螺母、垫圈、小轴以及冲压件、焊接件，有时也用于制造渗碳件。30、35、40、45、50、55 等牌号属于中碳钢，其强度和硬度较低碳钢有所提高，淬火后硬度可显著增加。其中，以 45 钢最为典型，它不仅强度、硬度较高，且兼有较好的塑性和韧性，即综合性能优良。常用来制造轴、丝杠、齿轮、连杆、键、重要螺钉和螺母。60、65、70、75 等牌号属于高碳钢，它们经调质处理后，不仅强度、硬度提高，且弹性优良，常用来制造小弹簧、发条、钢丝绳等。

③ 碳素工具钢

碳素工具钢主要用于制造刀具、量具和模具，具有较高的硬度和耐磨性，其平均含碳量为 0.7%～1.3%，属于高碳钢。这类钢的质量较高，要求 S、P 等杂质的含量特别低，是经过精炼的优质钢。所有碳素工具钢都要经过热处理后，才能进一步提高硬度和耐磨性。

碳素工具钢的牌号是在“碳”字汉语拼音首位字母“T”的后面附加数字表示，数字表示平均含碳量的千分数，例如，T7 表示平均含碳量为 0.7%的碳素工具钢。若为高级优质碳素工具钢，则在其牌号后加符号 A。常用的碳素工具钢为 T8、T10、T10A 和 T12 等牌号。其中 T8 在上述牌号中韧性最好，多用于制造承受冲击的工具，如錾子、锻工工具等；T10、T10A 硬度较高，且仍有一定的韧性，常用来制造钢锯条、小冲模等；T12 硬度最高、耐磨性好，但脆性大，适用于制造不承受冲击的耐磨工具，如钢锉、刮刀等。

④ 合金钢

在普通碳素钢基础上添加适量的一种或多种合金元素而构成的铁碳合金。根据添加元素的不同，并采取适当的加工工艺，可获得高强度、高韧性、耐磨、耐腐蚀、耐低温、耐高温、无磁性等特殊性能。合金钢种类很多，通常按合金元素含量多少分为低合金钢（含量小于 5%）、中合金钢（含量为 5%～10%）和高合金钢（含量大于 10%）；按质量分为优质合金钢、特质

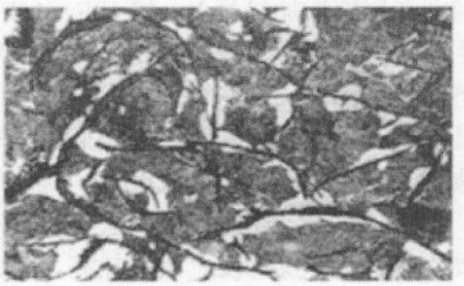
合金钢；按特性和用途又分为合金结构钢、不锈钢、耐酸钢、耐磨钢、耐热钢、合金工具钢、滚动轴承钢、合金弹簧钢和特殊性能钢（如软磁钢、永磁钢、无磁钢）等。

（2）铸铁

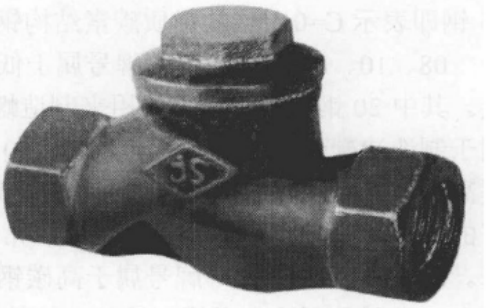
铸铁是含碳量大于 2.11%的铁碳合金。其中的碳元素全部或者大部以石墨形式存在。工业上常用的铸铁，含碳量一般在 2.5%～4.0%的范围内。此外，还有硅（Si）、锰（Mn）、硫（S）、磷（P）等元素。铸铁是应用非常广泛的一种金属材料，具有良好的铸造性能和切削加工性能，生产成本低，并具有优良的消音、减震、耐压、耐磨、耐蚀等性能。机床的床身、虎钳的钳体、底座等都是由铸铁制成。依据石墨形态的不同，铸铁又可分为灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁等多种。

① 普通灰铸铁

普通灰铸铁是指具有片状石墨（见图 3-6（a））的铸铁，是应用最广的铸铁，其产量占铸铁总产量的 80%。常用来制造机床导轨及床身、活塞、阀门（见图 3-6（b））等。由于灰铸铁中石墨呈曲片状，并且石墨具有一定的润滑性能，使铸铁获得了良好的切削性能、铸造性能、耐磨性能、消音减震性以及较低的缺口敏感性等。但是灰铸铁属于脆性材料，故不能锻造和冲压，且其焊接性能较差。灰铸铁的牌号由“灰铁”二字的汉语拼音首字母“HT”及后面的一组表示最小抗拉强度数值的数字组成。



（a）灰铸铁的显微组织



（b）灰铸铁制造的阀门

图 3-6　灰铸铁

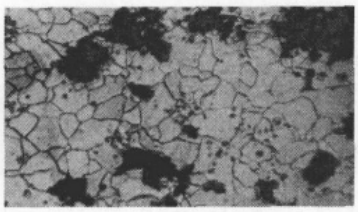
② 可锻铸铁

可锻铸铁俗称马铁、玛钢。其石墨呈团絮状，如图 3-7（a）所示，相对于片状石墨而言，团絮状石墨减轻了对基体的割裂作用和应力集中，因此可锻铸铁具有较高的强度、塑性和韧性。按照热处理方法不同，可锻铸铁可分为黑心可锻铸铁、珠光体可锻铸铁和白心可锻铸铁三种。其中以黑心可锻铸铁在我国最为常用，其塑性和韧性好，耐腐蚀性高，广泛应用于管道配件和汽车、拖拉机制造行业，常用于制造形状复杂、承受冲击载荷的薄壁、中小型零件，如图 3-7（b）所示。黑心可锻铸铁的牌号由三个字母及两组数字组成，前两个字母“KT”是“可铁”二字汉语拼音的首字母，第三个字母“H”是“黑”字汉语拼音的首字母。后面两组数字分别代表最低抗拉强度和伸长率数值。如 KHT300-06 表示黑心可锻铸铁，其最低抗拉强度为 300MPa，最低伸长率为 6%。

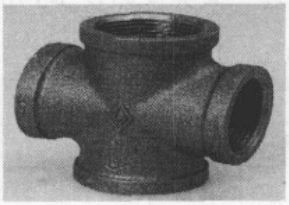
③ 球墨铸铁

球墨铸铁是 20 世纪 40 年代末发展起来的一种铸造合金，它是向出炉的铁水中加入球化剂和孕育剂而得到的球状石墨铸铁，如图 3-8（a）所示。其机械性能远胜于灰铸铁而接近于

钢，它具有优良的铸造、切削加工和耐磨性能，有一定的弹性，广泛用于制造曲轴、齿轮、活塞及凸轮轴（如图 3-8（b）所示）等高级铸件以及多种机械零件。球墨铸铁的牌号是由“球铁”二字汉语拼音的首字母“QT”及两组数字组成。两组数字分别代表其最低抗拉强度和伸长率。如 QT400-18 表示球墨铸铁，其最低抗拉强度为 400MPa，最低伸长率为 18%。

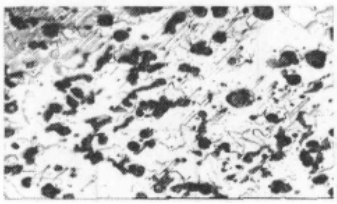


（a）可锻铸铁显微组织

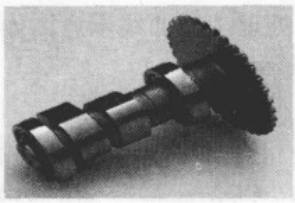


（b）四通管件

图 3-7　可锻铸铁



（a）球墨铸铁显微组织

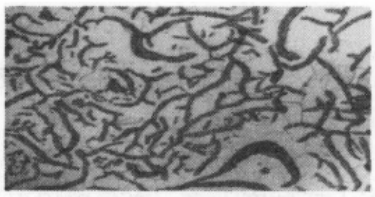


（b）凸轮轴

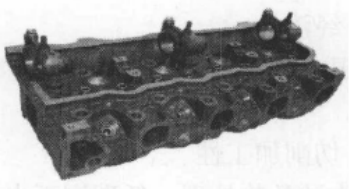
图 3-8　球墨铸铁

④ 蠕墨铸铁

蠕墨铸铁是近些年发展起来的一种新型铸铁，其石墨呈短片状，片端钝而圆，类似蠕虫，如图 3-9（a）所示。其力学性能高，导热性和耐热性优良，因而适于制造工作温度较高或具有较高温度梯度的零件，如大型柴油汽缸盖（如图 3-9（b）所示）、制动盘；由于其断面敏感性小、铸造性能好，故可用于制造形状复杂的大铸件，如重型机床和大型柴油机机体等。蠕墨铸铁的牌号以“RuT”表示，后面以一组数字表示其最低抗拉强度值，如：RuT-400 表示抗拉强度大于 400MPa 的蠕墨铸铁。



（a）蠕墨铸铁显微组织



（b）汽缸盖

图 3-9　蠕墨铸铁

知识点三　钢的热处理

1．热处理概述

热处理是指将钢在固态范围内采用适当的方式进行加热、保温和冷却，以改变其内部组织，从而获得所需性能的一种工艺方法。金属热处理是机械制造中的重要过程之一，与其他加工工艺相比，热处理一般不改变工件的形状和整体的化学成分，而是通过改变

工件内部的显微组织，或改变工件表面的化学成分，赋予或改善工件的使用性，提高工件的使用寿命，减轻工件重量，节约材料，降低成本。因此它是机械制造中特殊而重要的工艺过程。

根据热处理的目的、加热和冷却方式不同，热处理可分为：整体热处理、表面热处理和化学热处理三大类（如表 3-3 所示）。

表 3-3　　热处理分类

热　处　理										
整体热处理				表面热处理			化学热处理			
退火	正火	淬火	回火	感应加热表面淬火	火焰加热表面淬火	电阻加热表面淬火	渗碳	渗氮	碳氮共渗	渗金属

钢的热处理工艺曲线示意图如图 3-10 所示。

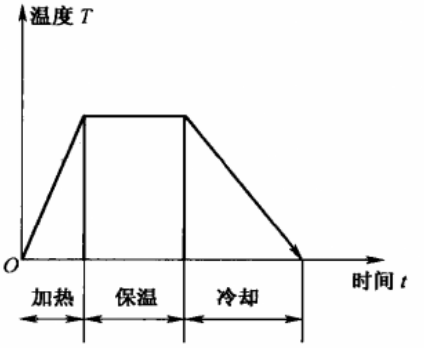


图 3-10　热处理工艺过程

2．退火与正火

（1）退火

退火是将金属或合金加热到适当温度，保温适当的时间，然后随炉缓慢冷却的热处理工艺。退火的目的是降低硬度，提高塑性，以利于切削加工和冷变形加工；消除残余应力，稳定工件尺寸，防止变形与开裂；改善内部组织，为最终热处理做准备。常用的退火方法有完全退火、球化退火、去应力退火、再结晶退火和扩散退火等。

（2）正火

正火是将钢加热到一定温度，保温适当的时间，然后在空气中冷却的热处理工艺。正火的目的与退火基本相同，但正火的冷却速度较快，其组织比较细，强度、硬度及韧性比退火后高。

（3）正火与退火的选择

① 经济性

与退火相比，正火操作简单，生产周期短，成本低，力学性能高，故在生产中应优先考虑正火。

② 切削加工性

作为预备热处理，低碳钢正火优于退火，而高碳钢正火后硬度太高，必须采用退火。

③ 使用性能

对于力学性能要求不高的零件，可用正火作为最终热处理；但当零件形状复杂时，由于正火冷却速度快，会引起较大变形甚至开裂，以采用退火为宜。

3．淬火

（1）淬火

淬火是将钢加热到一定温度，保温适当的时间，然后快速冷却而获得一定组织的热处理工艺。淬火的目的是提高钢的强度、硬度及耐磨性。重要的结构零件及各种工具等都要进行淬火处理。

（2）淬火工艺

① 加热温度的选择

不同的钢其淬火温度也不同。若加热温度过高，淬火后钢的性能变差，还易引起钢的氧化与脱碳现象；若加热温度过低，淬火后钢的硬度及耐磨性下降。实际生产中，结合具体条件通过试验来确定合适的淬火加热温度。

② 淬火介质

淬火冷却时需要合适的冷却速度，冷却速度过大可导致淬火内应力增大，易引起工件变形与开裂。生产中常用的淬火介质有水、油、盐浴、盐或碱的水溶液等。其中水的冷却能力较强，淬火时易使工件发生变形或开裂，适合应用于形状简单的碳钢工件；油的冷却能力较弱，有利于减少工件变形与开裂倾向，适合应用于合金钢。

（3）钢的淬火缺陷及防止

由于加热温度高、冷却速度快，淬火工序容易产生缺陷，而变形与开裂是淬火过程中最易产生的缺陷，防止措施是采用适当的淬火工艺，并且在淬火后及时进行回火处理。淬火时还会产生其他方面的缺陷，分别如下。

① 氧化与脱碳

氧化是指工件在加热时，加热介质中氧、二氧化碳和水等与工件表层的铁原子发生反应形成氧化物的过程。产生氧化会降低工件的承载能力和表面质量。脱碳是指加热时，气体介质与工件表层的碳原子相互作用，造成工件表层碳的质量分数降低的现象。结果降低工件表层的性能和表面质量。防止措施：如为重要零件，可在盐浴炉内加热，或在工件表面涂覆保护剂，也可在保护气氛及真空中加热。

② 过热与过烧

过热是指工件在热处理时，由于加热温度偏高，而使内部组织粗大，造成力学性能显著下降的现象。过热可以通过退火或正火来消除。过烧是指加热温度过高，造成材料内部组织氧化和部分融化的现象。过烧后的工件无法补救，只能报废。防止措施：合理制定加热规范，严格控制加热温度和加热时间。

③ 硬度不足

工件在淬火后，硬度未达到技术要求，产生硬度不足现象称为硬度不足。这是由于加热温度偏低、保温时间过短、冷却速度不够、工件表面氧化或脱碳等。可先进行一次退火或正火后，再重新进行正确的淬火予以消除。

4．回火

（1）回火

回火是指将淬火后的工件重新加热到某一温度，保温一定时间，然后冷却到室温的热处理工艺。回火是紧接淬火的一道热处理工序，其目的是获得工件所需组织，以改善性能，稳定工件尺寸，消除淬火内应力，防止工件变形与开裂。

（2）回火的方法及其应用

回火是最终热处理，回火温度是决定钢的组织和性能的主要因素。按回火温度不同，可分为低温回火、中温回火和高温回火。

低温回火温度范围是150～250℃，回火后具有高硬度、高耐磨性和一定的韧性，硬度一般为58～64HRC，主要用于各种切削刃具、量具、冷冲模具、滚动轴承及渗碳件等。

中温回火温度范围是350～500℃，回火后具有较高的弹性极限、屈服强度和一定的韧性，

硬度一般为35～50HRC，主要用于各种弹簧及模具的热处理。

高温回火温度范围是500～650℃，习惯上把淬火与高温回火相结合的热处理方法称为调质处理。回火后具有强度、硬度、塑性和韧性都好的综合力学性能，硬度一般为200～300HBS，主要用于重要零件的热处理，如汽车、拖拉机、机床中的连杆、螺栓、齿轮及轴类零件等。

5．表面淬火与化学热处理

实际生产中有许多零件，如齿轮、凸轮、曲轴等是在冲击载荷、弯曲、扭转及摩擦条件下工作的。它们要求表面具有很高的硬度和耐磨性，因此，其表面必须得到强化，而表面淬火与化学热处理即可满足要求。

（1）表面淬火

表面淬火是指仅对工件表层进行淬火的工艺，它不改变钢的表层化学成分，只改变表层组织与性能的局部热处理方法。它通过快速加热，使工件表层组织改变，在热量未充分传到中心之前，立即予以快速冷却，结果使工件表层获得硬而耐磨的组织，芯部仍保持原来的塑性、韧性较好的组织。

表面淬火常用的方法主要有感应加热表面淬火和火焰加热表面淬火。

感应加热表面淬火是利用感应电流，使工件表面受到局部加热，并进行快速冷却的淬火工艺。

火焰加热表面淬火是利用高温火焰对工件表面进行快速加热，并随即快速冷却的淬火工艺。

（2）化学热处理

化学热处理是将工件置于一定温度的介质中保温，使一种或几种元素渗入其表层，以改变表层的化学成分和组织，达到所要求的性能。化学热处理不仅改变了工件表层的组织，也改变了表层的化学成分。

生产中化学热处理的作用有两个方面：一是强化表面，提高工件表面的疲劳强度、硬度和耐磨性，如渗碳、渗氮、碳氮共渗、渗硼等；二是改善表面物理化学性能，提高工件表面的抗腐蚀能力、抗氧化能力，如渗铝、渗铬等。

① 渗碳

渗碳是将工件在渗碳介质中加热并保温，使碳原子渗入其表层的化学热处理工艺。渗碳后使表面获得高硬度、高耐磨性和高的疲劳强度，芯部具有一定的强度和良好的韧性。渗碳材料一般用含碳量在0.10%～0.25%范围内的低碳钢或低碳合金钢，如15、20、20Cr、20CrMnTi钢等。

渗碳处理主要用于一些承受冲击的耐磨零件，如轴、齿轮、凸轮、活塞销等。

② 渗氮

渗氮是指在一定温度下，使氮原子渗入工件表面的化学热处理工艺。渗氮后工件表面的硬度、疲劳强度、耐磨性及耐蚀性提高，变形小。

渗氮材料一般为含碳量在0.15%～0.45%范围内的合金结构钢，其主要合金元素为Al、Mo、Cr等，如38CrMoAlA、35CrMo、18CrNiW。为提高心部的综合力学性能，渗氮前一般要调质处理。

渗氮处理主要用于要求耐磨和精度要求较高的零件，如精密齿轮、磨床主轴、高速柴油机的曲轴、阀门等。

③ 碳氮共渗

碳氮共渗是在一定温度下，同时将碳、氮原子渗入工件表层，并以渗碳为主的化学热处

理工艺。碳氮共渗层的力学性能兼有渗碳层和渗氮层的优点，不仅加热温度低，零件变形小，而且具有高的耐磨性、耐腐蚀性和疲劳强度。其广泛用于汽车和机床中的齿轮、涡轮及轴类零件等。以渗氮为主的碳氮共渗，工件变形小，渗层韧性好但硬度较低，用于模具、量具及高速工具钢刀具等。

项目学习评价

一、思考练习题

（1）根据所学知识填写表 3-4。

表 3-4　　钢号的含义

钢　号	所属类别	大致碳含量/%	性能特征	用途举例
Q235—A•F				
45				
T10A				

（2）仓库中存放了相同规格的 20 钢、45 钢和 T10 圆钢，请提出一种最为简便的区分方法。

二、自我评价、小组互评及教师评价

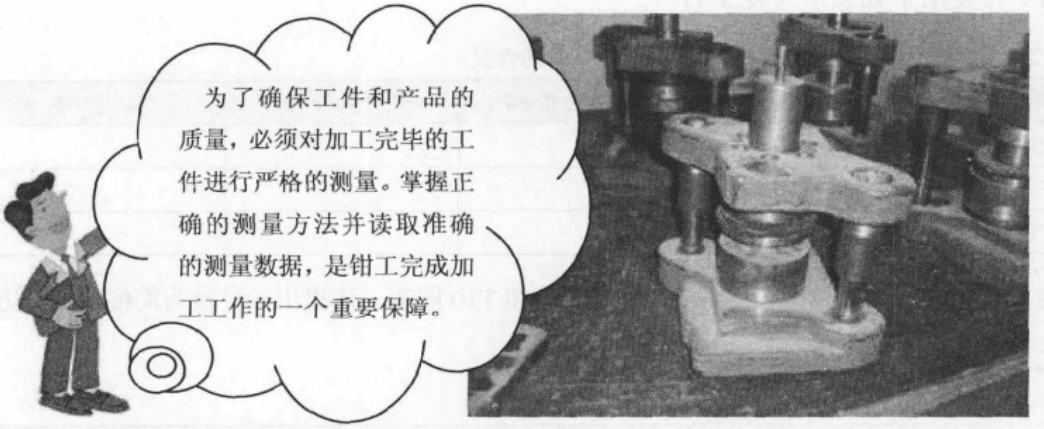
评价方面	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 掌握常用金属的牌号表示方法及其含义	10				
	② 掌握常用金属的性能	10				
	③ 理解热处理的原理	10				
	④ 掌握常用的热处理方法	15				
实操技能	① 金属的简易鉴别方法	20				
	② 热处理方法的应用	25				
学习态度	① 学习努力	5				
	② 学习技能积极肯干	5				
安全文明生产	按规范进行操作					

三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

项目四　钳工测量量具的认知与使用

项目情境创设



项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 熟悉各种钳工常见量具 ② 掌握钢直尺、游标卡尺、千分尺、百分表测量工件的操作方法 ③ 掌握各种量具的读数方法	实训操作	8
知识目标	① 熟悉各种测量量具的结构 ② 掌握各种测量量具的读数原理	理论讲授、实训操作	4

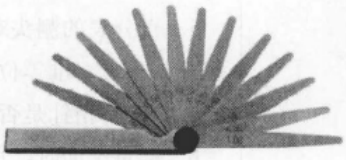
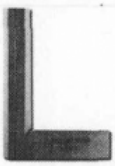
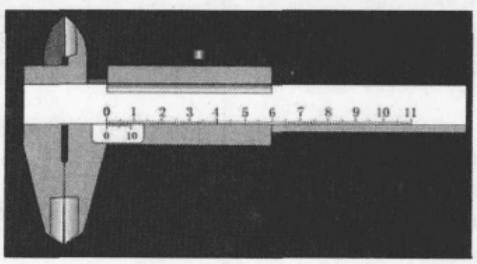
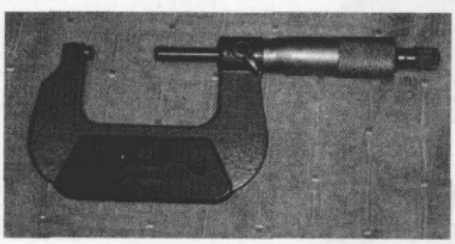
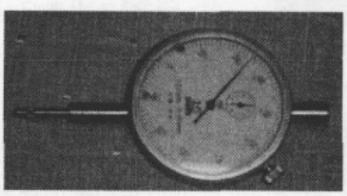
项目基本功

一、项目基本技能

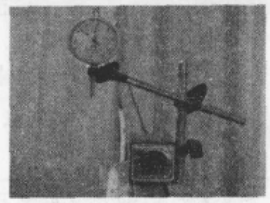
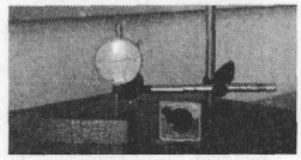
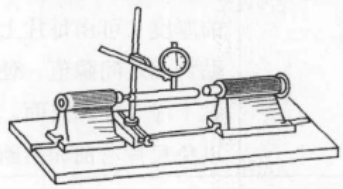
任务一　钳工常用测量量具的认知

钳工常用的测量量具如表 4-1 所示。

表 4-1　　钳工常用的测量量具

序号	名称	实物图示	使用说明
1	不锈钢直尺		用于准确度要求不高的场合，有 150mm、300mm、500mm、1000mm 四种规格
2	厚薄尺		厚薄尺又称塞尺，如左图所示，用于检查两贴合面之间的缝隙大小。它由一组薄钢片组成，其厚度为 0.03～0.3mm。测量时用厚薄尺直接塞进间隙，当一片或数片（叠合）能进两贴合面之间时，则一片或数片的厚度（可由每片上的标记读出），即为两贴合面之间隙值。使用厚薄尺时必须先擦拭干净工件和尺面，测量时不能用力太大，以免尺片弯曲和折断
3	刀口角尺		刀口角尺用于采用光隙法和痕迹法检测小型平面平面度和直线度，间隙大时可用塞尺测量出间隙值
4	游标卡尺		① 用于准确度要求高的场合 ② 有 0.1mm、0.05mm、0.02mm 三种精度等级 ③ 常用游标卡尺的测量范围有 0～125mm、0～200mm、0～300 mm 三种规格 ④ 直接用于测量加工零件的外径、内径、长度、宽度、深度和孔距
5	千分尺		① 用于准确度要求高的场合 ② 有 0.1mm、0.05mm、0.02mm、0.01mm 四种精度等级。常用千分尺的测量范围有 0～125mm、0～200mm、0～300 三种规格 ③ 直接用于测量加工零件的外径和长度
6	百分表		① 用于检查加工零件的外径、内径和平面的精度与形状精度。如平面度，内、外圆度

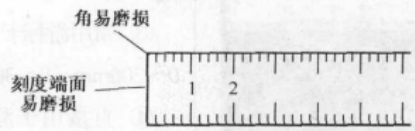
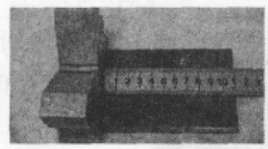
续表

序号	名称	实物图示	使用说明
6	百分表	  	② 左图是百分表外形 ③ 使用时要与磁性表座和表架杆配合起来使用，如左图所示。当百分表固定在表架杆上，百分表的上、下、前、后、左、右通过调节旋钮控制的夹紧装置在表架杆的滑动定位后，再将调节旋钮拧紧 ④ 使用时应注意以下几点 a. 百分表的测头对好被测面时，转动表盘使长指针对准零位，并且将手提柄向上提几次，看指针是否回零 b. 测量平面时，百分表的测头应与平面垂直 c. 测量圆柱工件时，百分表的测头应与圆柱工件的中心线垂直

任务二　用不锈钢直尺测量工件

用不锈钢直尺测量工件的步骤和方法见表 4-2。

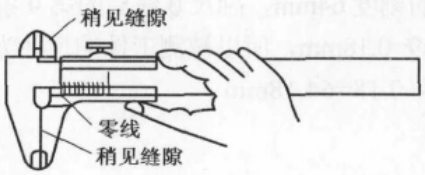
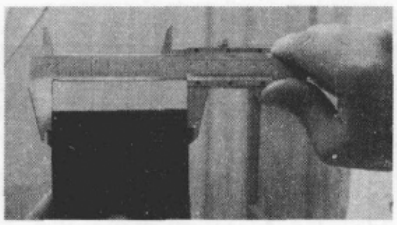
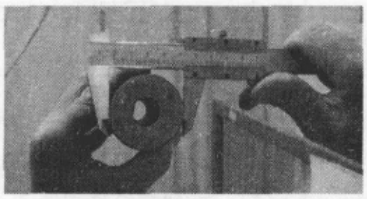
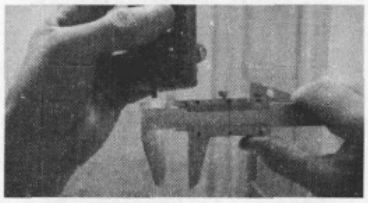
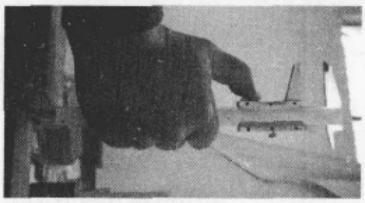
表 4-2　　用不锈钢直尺测量工件的步骤和方法

序号	项目	实物图示	使用说明
1	检查不锈钢直尺		① 检查刻度及刻度端面的磨损情况 ② 检查刻度端面角的磨损情况
2	用 V 形铁和不锈钢直尺检查薄板尺寸		检查时，注意将 V 形铁、不锈钢直尺与薄板的接触面紧紧贴在一起，避免出现尺寸的误差。同时注意视角引起的误差
3	用角铁和不锈钢直尺检查圆棒尺寸		检查时，注意将角铁、不锈钢直尺与圆棒的接触面紧紧贴在一起，避免出现尺寸的误差
4	用不锈钢直尺检查铁块尺寸		检查时，注意将铁块、不锈钢直尺与平板的接触面紧紧贴在一起，避免出现尺寸的误差。同时注意视角引起的误差

任务三　用游标卡尺测量工件

1．用游标卡尺测量加工零件的步骤和方法（见表 4-3）

表 4-3　　用游标卡尺测量加工零件的步骤和方法

序号	项目	实物图示	使用说明
1	检查游标卡尺		① 松开紧固螺钉 ② 用棉纱将滑动面与测量面擦干净并检查有无缺陷 ③ 将两卡爪合拢，对着光检查内卡和外卡是否有间隙；检查主尺与副尺刻度线是否对齐
2	测量长度		① 将工件放在外量爪之间 ② 左手拿住主尺卡爪，右手的大拇指、食指拿副尺卡爪，滑动副尺，使工件与卡爪接触不紧不松，再用右手拧紧固定螺钉。然后取下读数 ③ 对于小工件，可以用左手直接拿着工件，右手操作滑动副尺，直接读数
3	测量工件的外径		① 将工件放在外量爪之间 ② 左手拿住主尺卡爪，右手的大拇指、食指拿副尺卡爪，滑动副尺，使工件与卡爪接触不紧不松，再用右手拧紧固定螺钉。然后取下读数
4	测量工件的内径		① 将工件放在内量爪之间 ② 左手拿住工件，右手的大拇指、食指拿副尺卡爪，滑动副尺，使工件与卡爪接触不紧不松；然后，取下游标卡尺，再用右手拧紧固定螺钉。然后取下读数
5	测量工件的深度		① 将工件放在深浅尺之间 ② 左手拿住工件，右手的大拇指、食指拿副尺卡爪，滑动副尺，使工件与深浅尺接触不紧不松，再用右手拧紧固定螺钉。然后取下读数

2．读数方法

读数方法可分三个步骤：游标卡尺测量工件前，主尺与副尺的 0 线是对齐的，测量时，副尺相对主尺向右移动，如图 4-1 所示。

① 根据副尺零线以左的主尺上的最近刻度读出整毫米数 A；

② 根据副尺零线以右与主尺上的刻度对准的刻线数 B 乘上 0.02 读出小数；

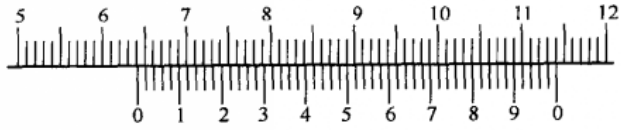


图 4-1　0.02mm 游标卡尺的读数方法

③ 将上面整数和小数两部分加起来，即为总尺寸 L。

$$L=A \text{ mm} +0.02 \text{ mm}\times B \text{ 格数}$$

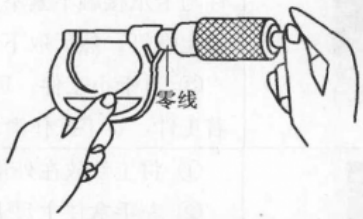
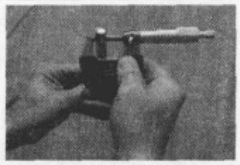
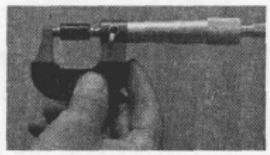
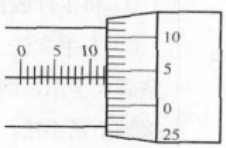
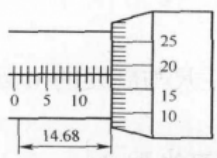
如图 4-1 所示，副尺 0 线所对主尺前面的刻度 64mm，副尺 0 线后的第 9 条线与主尺的一条刻线对齐。副尺 0 线后的第 9 条线表示：0.02×9=0.18mm，所以被测工件的尺寸为：

$$64+0.18=64.18\text{mm}$$

任务四　用千分尺测量加工零件

用千分尺测量加工零件的步骤和方法见表 4-4。

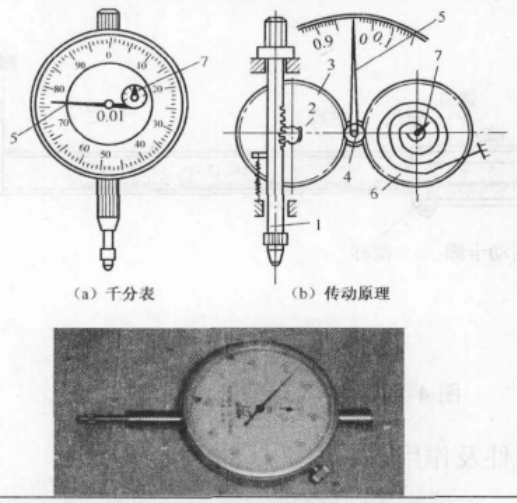
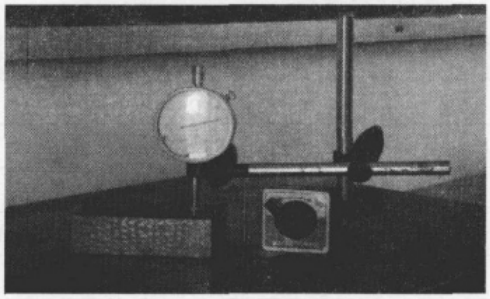
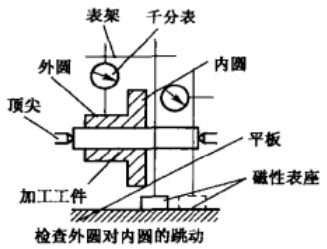
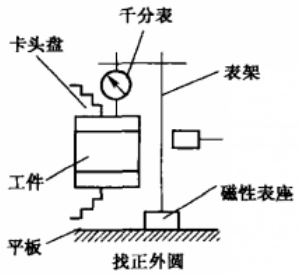
表 4-4　　用千分尺测量加工零件的步骤和方法

序号	项目	实物图示	使用说明
1	检查千分尺		① 用棉纱将滑动面与测量面擦干净并检查有无缺陷 ② 松开止动锁，将测试棒置于两测量面之间 ③ 将棘轮转动，一者检查测量杆转动的情况；二者使两测量面贴和，直到棘轮打滑为止，检查零刻度线位置
2	测量工件直径		左手拿住弓架，右手转动微分筒，使开度比测量工件的尺寸稍大，将固定的工件置于两测量面之间，直到棘轮打滑为止，读数
3	测量工件长度		左手拿住弓架，右手转动微分筒，使开度比测量工件的尺寸稍大，将固定的工件置于两测量面之间，直到棘轮打滑为止，读数
4	读数	 (a)  (b)	① 可以直接读数，如不能直接读数，可固定止动锁，使测量杆固定，再轻轻取下，然后读取刻度值 ② 读数方法：（读（b）图） a. 先读出微分筒左侧主尺刻度数，左边图示为 14.5mm b. 再读微分筒副尺上与主尺上对最齐线处的小数，左边图示为 0.18mm c. 最后将两数相加，即 14.68mm

任务五　用百分表检测加工零件

百分表是一种精度较高的比较量具，它只能测出相对数值，不能测出绝对数值，主要用于测量形状和位置误差，也可用于机床上安装工件时的精密找正，如表 4-5 所示。

表 4-5　　用百分表检测加工零件的步骤和方法

序号	项目	实物图示	使用说明
1	百分表的结构与原理	（a）千分表　（b）传动原理	百分表的结构原理如左图所示。当测量杆 1 向上或向下移动 1mm 时，通过齿轮传动系统带动大指针 5 转一圈，小指针 7 转一格。刻度盘在圆周上有 100 个等分格，各格的读数值为 0.01mm。小指针每格读数为 1mm。测量时指针读数的变动量即为尺寸变化量。刻度盘可以转动，以便测量时大指针对准零刻线
2	百分表检查平面度、平行度和直线度等形位误差		百分表的读数准确度为 0.01mm 百分表的读数方法为：先读小指针转过的刻度线（即毫米整数），再读大指针转过的刻度线（即小数部分），并乘以 0.01，然后两者相加，即得到所测量的数值
3	测量零件圆度、圆跳动		
4	找正工件读数		

二、项目基本知识

知识点一　游标卡尺的结构和原理

1．卡尺的结构

游标卡尺的结构主要由主尺、副尺、紧固螺钉和深浅尺组成，如图 4-2 所示。副尺、紧固螺钉和深浅尺在主尺上滑动。

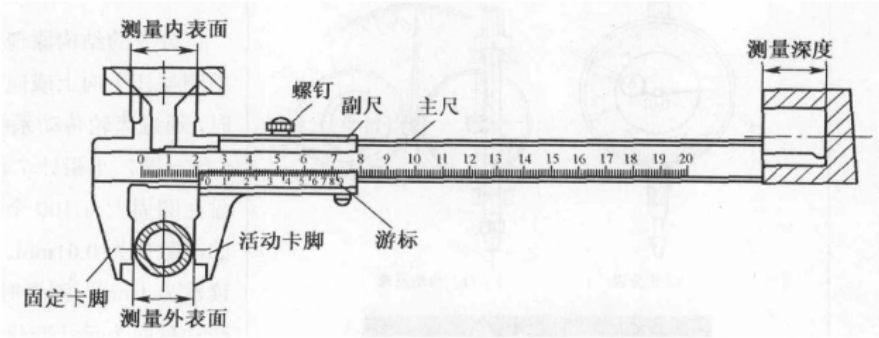


图 4-2　游标卡尺的结构

表 4-6 是游标卡尺的主要部件及作用。

表 4-6　　游标卡尺的结构

部　　件	单位及用途
尺身（主尺）	最小刻度 1mm
内、外测量爪	内、外径，外长度的测量
紧固螺钉	固定游标
游标（副尺）	格数确定其分度，最小刻度=0.98mm/格数
测深杆	深度（内长度）的测量

2．游标卡尺的刻线原理

以刻度值 0.02mm 的精密游标卡尺为例，主尺上的刻度以 mm 为单位，每 10 格分别标以 1、2、3、…，以表示 10、20、30、…mm。这种游标卡尺的副尺刻度是把主尺刻度 49mm 的长度，分为 50 等份，即每格为：49/50=0.98 mm。主尺和副尺的刻度每格相差：1–0.98=0.02mm，即测量精度为 0.02mm。

3．注意事项和维护保养要求

① 注意事项：a．放正卡尺；b．用力适度；c．视线垂直；d．防止松动；e．勿测毛面。

② 维护保养：a．用完后，擦净、上油，放置于专用盒子；b．不准用砂布或普通磨料擦尺面与量爪的锈迹污物；c．合拢量爪与深度尺，防止变形与折断。

知识点二　千分尺的结构和原理

千分尺的读数机构由固定套筒和活动套筒组成，在固定套筒上有上下两排刻度线，刻线每小格为 1mm，相互错开 0.5mm。测微螺杆的螺距为 0.5mm，与螺杆固定在一起的活动套筒的外圆周上有 50 等分的刻度。因此，活动套筒转一周，螺杆轴向移动 0.5mm。如活动套筒只

转一格，则螺杆的轴向位移为：0.5/50=0.01 mm。

这样，螺杆轴向位移的小数部分就可从活动套筒上的刻度读出。可见，圆周刻度线用来读出 0.5mm 以下至 0.01mm 的小数值（0.01mm 以下的值可凭经验估出）。

知识点三　百分表的应用和注意事项

1．百分表的应用

百分表是一种精度较高的比较量具，它只能测出相对数值，不能测出绝对数值，主要用于测量形状和位置误差，也可用于机床上安装工件时的精密找正。百分表的读数准确度为 0.01mm。

百分表可用来精确测量零件圆度、圆跳动、平面度、平行度和直线度等形位误差，也可用来找正工件，如表 4-5 所示。

2．百分表使用的注意事项

① 使用前，应检查测量杆活动的灵活性。即轻轻推动测量杆时，测量杆在套筒内的移动要灵活，没有如何轧卡现象，每次手松开后，指针能回到原来的刻度位置。

② 使用时，必须把百分表固定在可靠的夹持架上。切不可贪图省事，随便夹在不稳固的地方，否则容易造成测量结果不准确或摔坏百分表。

③ 测量时，不要使测量杆的行程超过它的测量范围，不要使表头突然撞到工件上，也不要用百分表测量表面粗糙或有显著凹凸不平的工件。

④ 测量平面时，百分表的测量杆要与平面垂直，测量圆柱形工件时，测量杆要与工件的中心线垂直，否则，将使测量杆活动不灵或测量结果不准确。

⑤ 为方便读数，在测量前一般都让大指针指到刻度盘的零位。

⑥ 百分表不用时，应使测量杆处于自由状态，以免使表内弹簧失效。

项目学习评价

一、思考练习题

（1）对加工工件分别用直尺、游标卡尺和千分尺进行测量并记录数据，对测量数据进行比较。

（2）从工具的测量原理对所测数据进行分析讨论。

二、自我评价、小组互评及教师评价

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 游标卡尺的结构和原理	5				
	② 千分尺的结构和原理	5				
	③ 百分表的结构和原理	5				
实操技能	① 游标卡尺的测量方法	15				
	② 游标卡尺的读数方法	15				
	③ 千分尺的测量及读数方法	15				
	④ 百分表的线性尺寸测量	5				
	⑤ 百分表的形位公差测量	10				

续表

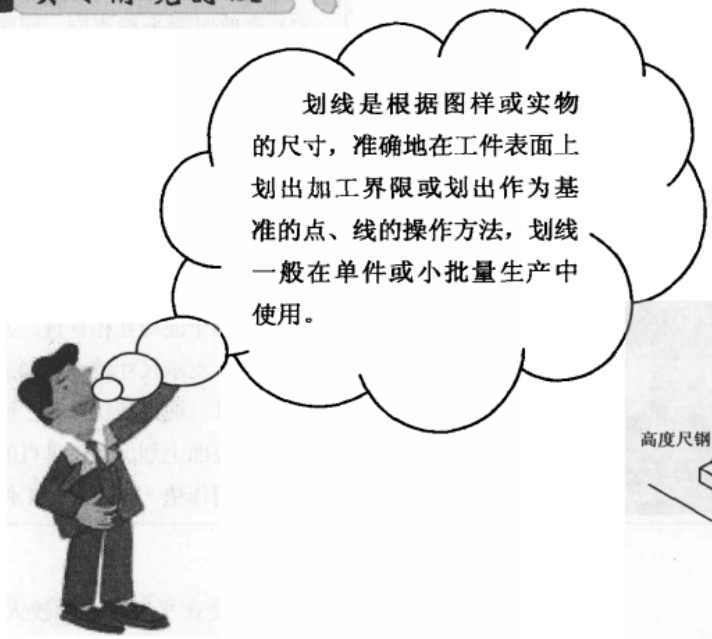
评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
学习态度	① 出勤情况	5				
	② 车间纪律	5				
	③ 团队协作精神	5				
安全文明生产	① 量具的摆放和维护	5				
	② 工位的卫生情况	5				

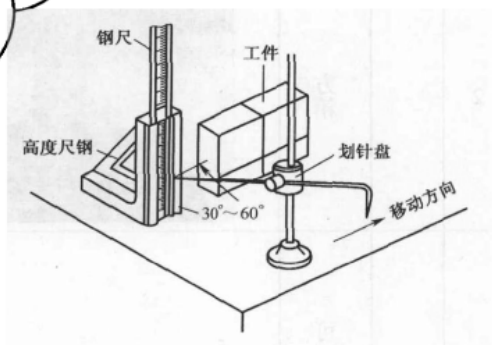
三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

项目五　划 线 加 工

项目情境创设





项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 认识各种常用划线工具 ② 掌握各种划线工具的使用方法 ③ 了解立体划线的操作方法	实训操作	2
知识目标	① 熟悉划线的准备工作 ② 熟悉划线操作的分类 ③ 掌握划线基准的选择	理论讲授、实训操作	2

项目基本功

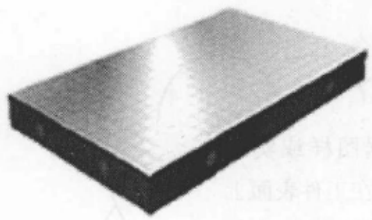
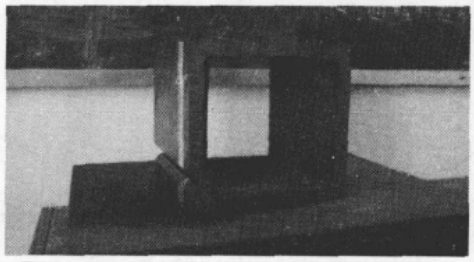
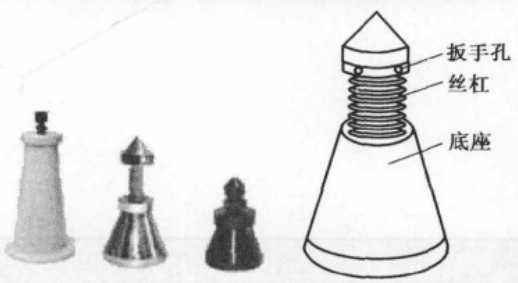
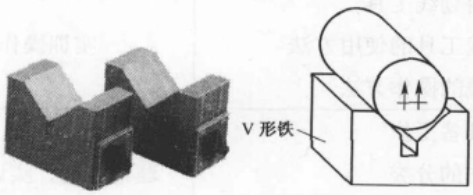
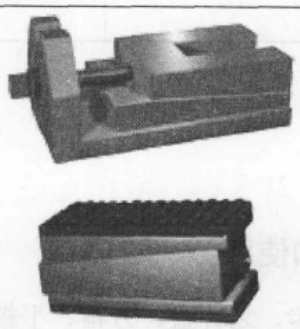
一、项目基本技能

任务一　常用划线工具的认知和使用

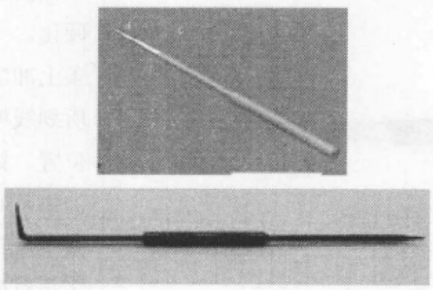
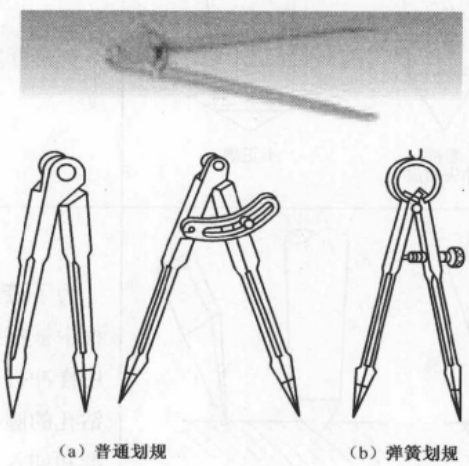
常用的划线工具有划针、划规、划卡、划针盘、方箱、平板、样冲和各种量具等。其实

物图与使用说明如表 5-1 所示。

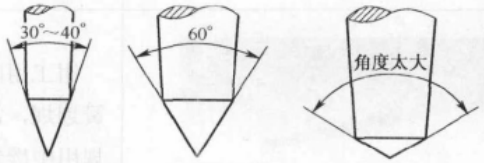
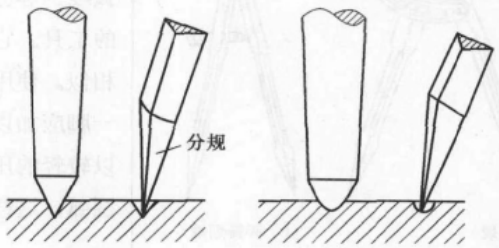
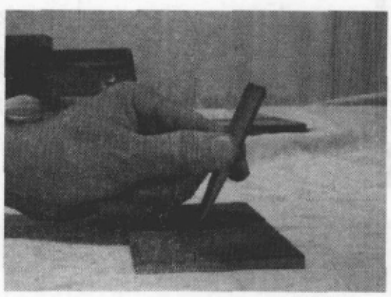
表 5-1　　常用的划线工具

序号	类别	名称	实物图	使用说明
1	支撑工具	划线平板		划线平板由铸铁制成，整个平面是划线的基准平面，要求非常平整和光洁。使用时要注意 ① 安放时要平稳牢固，同时上平面应保持水平 ② 平板不准碰撞和用锤敲击，以免使其精度降低 ③ 长期不用时，应涂油防锈，并加盖保护罩
2		方箱		方箱是铸铁制成的空心立方体，各相邻的两个面均互相垂直。方箱用于夹持、支承尺寸较小而加工面较多的工件。通过翻转方箱，便可在工件的表面上划出互相垂直的线条。方箱用作垫一些不规则工件
3	支承装夹工具	可调千斤顶		千斤顶是在平板上支承较大及不规则工件时使用，其高度可以调整。通常用三个千斤顶支承工件
4		磁性V形铁		V形铁用于支承圆柱形工件，使工件轴线与底板平行；也可以在对一些管子或者圆钢等找水平基准线时使用
5		斜楔		斜楔是一块带锥度的铸铁块，并且在中心有螺纹孔，与丝杆连接，起到调整作用。规格通常为60mm×110mm×150mm（厚端）左右，用于校正大型工件

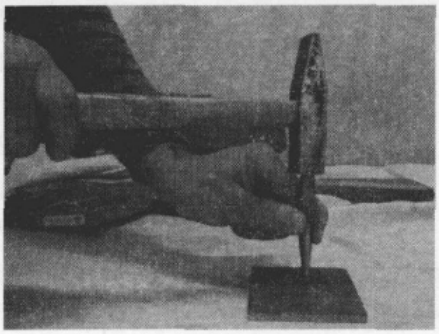
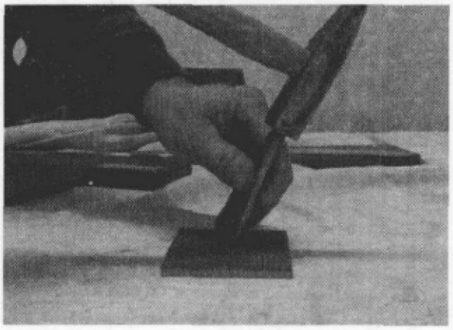
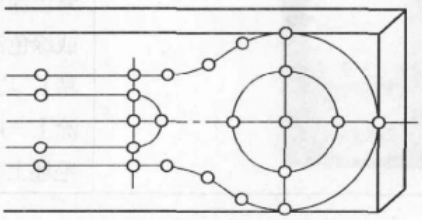
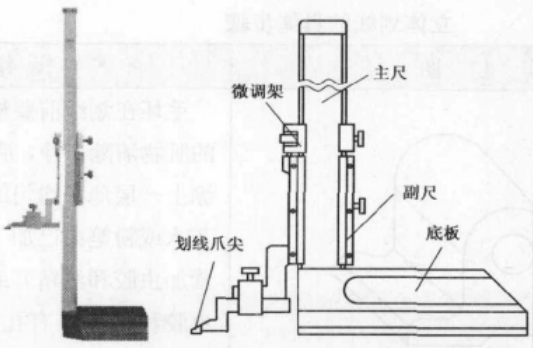
续表

序号	类别	名称	实物图	使用说明
6	绘划工具	划针		划针是在工件表面划线用的工具，常用的划针用工具钢或弹簧钢尖端磨锐制成（有的划针在其尖端部位焊有硬质合金），直径 ϕ3～6mm。划针的使用方法是将划针倾斜 20°～25°，尖端紧靠尺端面，均匀用力，一次画准。划线的误差为 0.25～0.5mm
7		划规		钳工用的划规有普通划规和弹簧划规，常用的是普通划规。划规用中碳钢或工具钢制成，两脚尖端经过淬火硬化。它是划圆或弧线、等分线段及量取尺寸等用的工具。它的用法与制图的圆规相似。使用时，作为旋转中心的一脚应加以较大的压力，另一脚以较轻的压力在工件表面上画出圆弧，这样可使中心不滑移
8		划卡		划卡或称单脚划规，主要用于确定轴和孔的中心位置
9		划线盘		划线盘主要用于立体划线和校正工件的位置。它由底座、立杆、划针和锁紧装置等组成。其中划针尖镶硬质合金，在砂轮上将划针磨成 ϕ0.25～0.4mm 尖状，以保证划线的精度

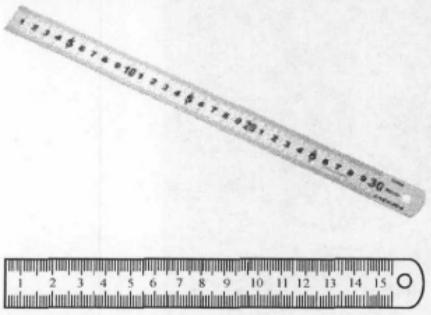
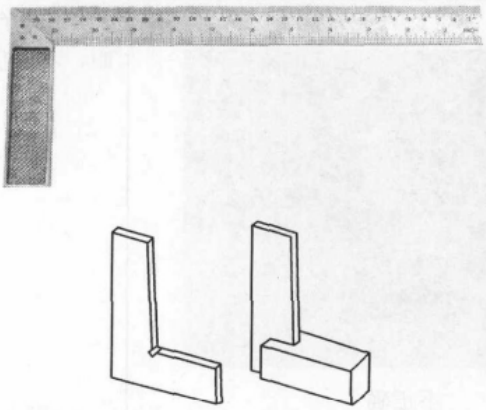
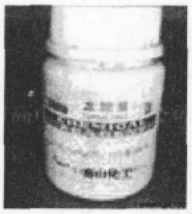
续表

序号	类别	名称	实物图	使用说明
10	样冲及使用	样冲		样冲由工具钢制成，并经淬火硬化。一般划线后要用样冲在线条上冲出小而均匀的冲眼，以备所划线模糊后仍能找到原划线的位置。钻孔或画圆弧时也用样冲冲出圆心，在划圆和钻孔前应在其中心打样冲眼，便于画规尖或钻头对准圆心
		样冲的角度		正确样冲的角度和不正确的角度
		打样冲眼	 冲尖钝的分规无固定位置	为了避免划出的线条在加工过程中被擦掉，要在划好的刻线上用样冲打出小而均匀的样冲眼。钻孔的圆心也要打，以便钻头对准和切入
		样冲使用	 正确  不正确	正确：样冲尖向身体内倾斜 不正确：样冲尖向身体外倾斜

续表

序号	类别	名称	实物图	使用说明
10	样冲及使用	样冲打眼的图示	 正确  不正确	使用样冲打眼时应保证垂直打眼，不应使其倾斜
		在直线和曲线上打样冲眼	 冲眼冲在线上距离要相等	在直线和曲线上打样冲眼，不要疏密不均，距离要尽可能相等。冲眼的间距和深浅，可根据划线的长短和工件表面的粗糙程度决定。一般粗糙的毛坯，冲眼间距可以密些、深些；直线上应稀些，曲线上密些；薄工件和薄板上的冲眼要浅些。软材料和精加工过的表面不能打样冲眼
11	测量量具	高度游标尺		高度游标尺的划线爪尖镶硬质合金，微调架使尺身能实现微进给，底板是不锈钢。它除用来测量工件的高度外，还可用来作半成品划线用，其读数精度一般为0.02mm。它只能用于半成品划线，不允许用于毛坯

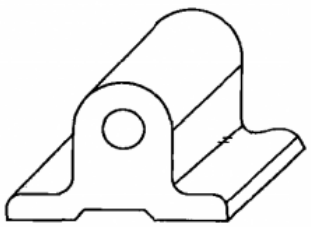
续表

序号	类别	名称	实物图	使用说明
12	测量量具	不锈钢直尺		不锈钢直尺如左图所示，是机械加工中最基础，也是最简单常用的量具，是一种通过直接测量便可读出数值的量具。用它测量零件长度、台阶长度以及盲孔的深度较为方便。在测量工件的外径和内径尺寸时需要与卡钳配合使用
13		直角尺		直角尺内侧两个边和外侧两个边分别成准确的90°角，如左图所示，用来检测工件表面间的垂直度。直角尺使用时将一条边与工件的基准面贴合，然后查看另一条边与工件之间的间隙。当工件精度较低时，采用塞尺测量其缝隙大小，当精度较高时，工件与直角尺间的缝隙很小，这时借助于从缝隙中衍射出来的光的颜色可以测出间隙大小
14	划线辅料	涂料		涂料的种类有：白石灰水或粉笔，紫色涂料（龙胆紫加虫胶和酒精）或绿色涂料（孔雀绿加虫胶和酒精）。其作用是毛坯在划线前表面需涂上一层薄而均匀的涂料，以便在毛坯上画出的加工轮廓线清晰可见

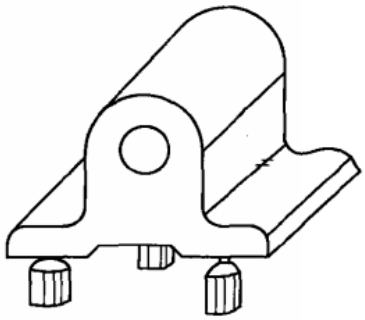
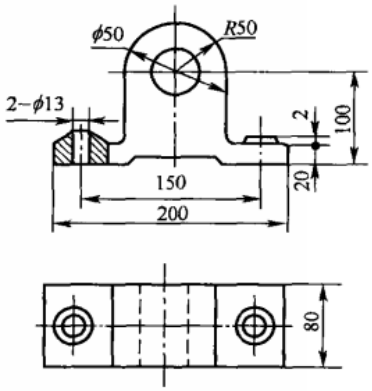
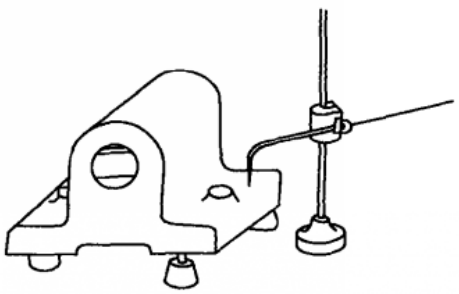
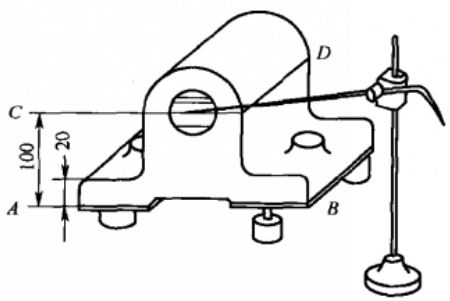
任务二　立体划线

轴承座的立体划线（它属于毛坯划线）具体步骤如表5-2所示。

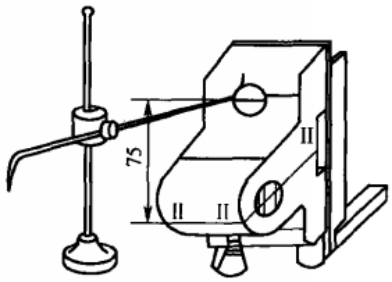
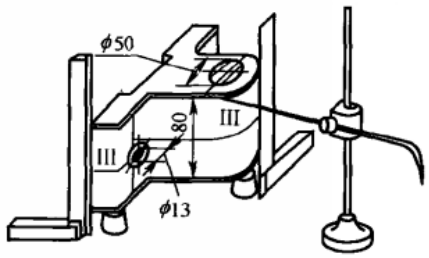
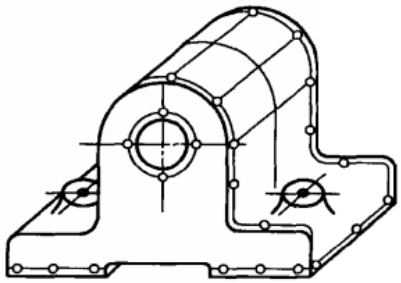
表5-2　　立体划线的具体步骤

步骤	项目	实物图	操作说明
1	毛胚清理和刷涂料		毛坯在划线前要进行清理（将毛坯表面的脏物清除干净，清除毛刺），划线表面需涂上一层薄而均匀的涂料，毛坯面用白石灰水或粉笔；已加工面用紫色涂料（龙胆紫加虫胶和酒精）或绿色涂料（孔雀绿加虫胶和酒精）。有孔的工件，还要用铅块或木块堵孔，以便确定孔的中心

续表

步骤	项目	实物图	操作说明
2	用千斤顶来支承		在划线平台上进行，划线时，工件多用千斤顶来支承，有的工件也可用方箱、V形块等支承
3	看轴承座零件图		① 细看轴承座零件图，了解加工要求 ② 细想毛胚的加工余量是否够 ③ 选择好基准面和线
4	调整水平		根据孔中心及上平面，调节千斤顶，用划线盘找工件水平
5	划底面加工线和大孔的水平中心线		用划线盘，划底面加工线 *A-B* 和大孔的水平中心线 *C-D*

续表

步骤	项目	实物图	操作说明
6	划中心线		将工件转 90°，用角尺找正，划大孔的垂直中心线及螺孔中心线
7	划中心线		将工件再翻转 90°，用角尺两个方向找正，划螺钉和另一个方向中心线及大端面加工线
8	打样冲眼		最后打样冲眼。仔细检查是否合符加工要求

二、项目基本知识

知识点一　划线前的准备工作

为了使工件上划出的线条清晰易见，在划线的表面需先涂上一层薄而均匀的涂料。涂料的种类很多，常用的有白灰水和蓝油（俗称“龙胆紫”）。白灰水可用于毛坯表面，蓝油可用于已加工表面。

1．划线操作要点

① 工件准备：包括工件的清理、检查和表面刷涂料。

② 工具准备：按工件图样的要求，选择所需工具，并检查和校验工具。

2．操作时的注意事项

① 看懂图样，了解零件的作用，分析零件的加工顺序和加工方法。

② 工件夹持或支承要稳妥，以防滑倒或移动。

③ 在一次支承中应将要划出的平行线全部划全，以免再次支承补划，造成误差。

④ 正确使用划线工具，划出的线条要准确、清晰。

⑤ 划线完成后，要反复核对尺寸，才能进行机械加工。

知识点二　划线操作的分类

划线操作有平面划线、立体划线和综合划线 3 种方式。

1．平面划线

只需要在工件一个表面上划线后即能明确表明加工界限的，称为平面划线，方法与机械制图相似。平面划线是能明确反映出该工件的加工尺寸界限的划线方式，通常应用于薄板料及回转零件端面的划线，如图 5-1 所示。

2．立体划线

需要在工件几个互成不同角度（一般是互相垂直）的表面上划线，才能明确表明加工界限的，称为立体划线，适用于支架类零件或箱体类零件的划线。工件的立体划线通常在划线平台上进行，划线时，工件多用千斤顶来支承，有的工件也可用方箱、V 形块等支承，如图 5-2 所示。

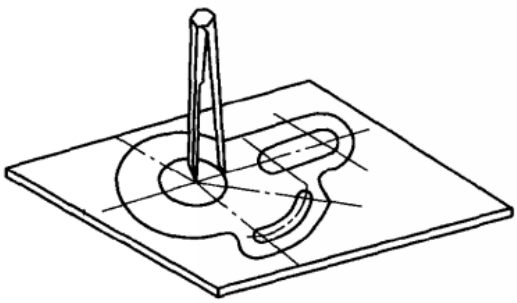


图 5-1　平面划线

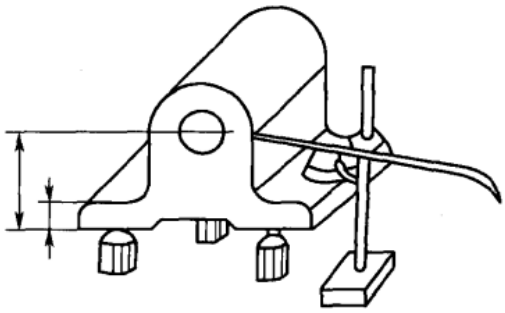


图 5-2　立体划线

3．综合划线

综合划线是指既有平面划线又有立体划线的划线方式。

知识点三　划线基准的选择

1．划线基准选取原则

用划线盘划各种水平线时，应选定某一基准作为依据，并以此来调节每次划针的高度，这个基准称为划线基准。

一般划线基准与设计基准应一致。常选用重要孔的中心线为划线基准，或零件上尺寸标注基准线为划线基准。若工件上个别平面已加工过，则以加工过的平面为划线基准。

2．常见的划线基准

常见的划线基准有三种类型：① 以两个相互垂直的平面（或线）为基准；② 以一个平面与对称平面（或线）为基准；③ 以两个互相垂直的中心平面（或线）为基准。

知识点四　划线注意事项

① 确定毛坯上各孔、槽、凸缘、表面等加工部位的相对坐标位置和加工面的界线，作为在加工设备上安装调整和切削加工的依据。

② 一般在平台上进行不合格毛坯的处理。例如，对毛坯的加工余量进行检查和分配，发

现问题要及时处理。

项目学习评价

一、思考练习题

① 分别对平面和立体工件用划线工具进行划线并检测划线精度，对检测数据进行比较。
② 对划线工具的具体操作进行分组比赛。

二、自我评价、小组互评及教师评价

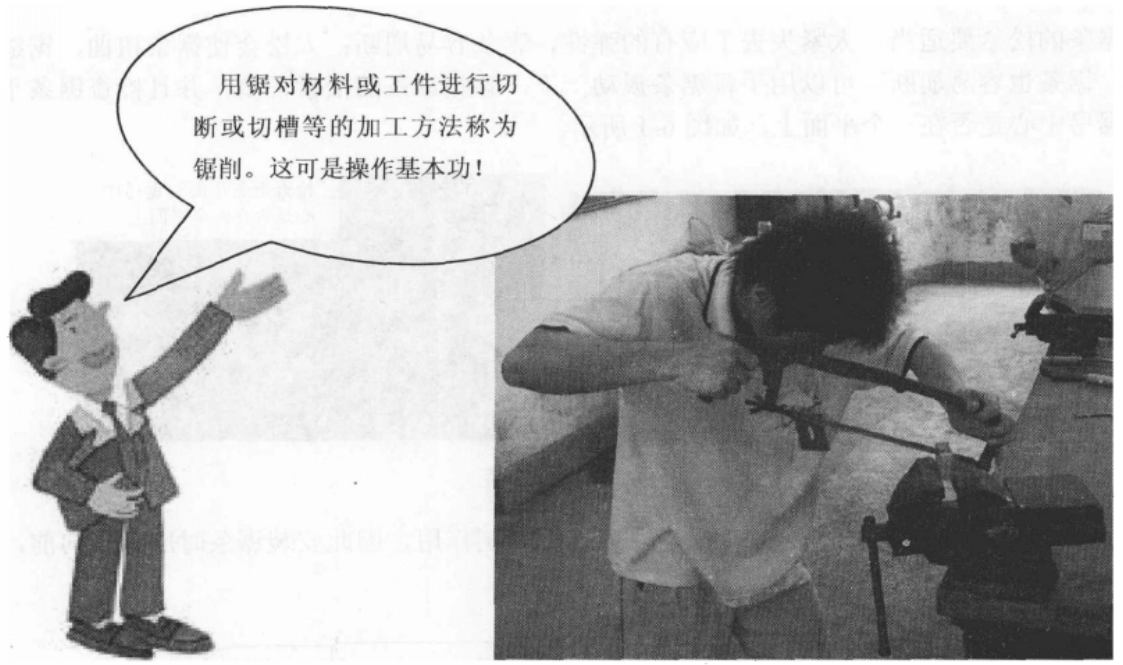
评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 划线的准备	5				
	② 划线的分类	5				
	③ 划线基准的选择	10				
实操技能	① 划线工具的认知	15				
	② 划线工具的使用操作	15				
	③ 直线和曲线打样冲眼	10				
	④ 立体划线的操作	10				
学习态度	① 出勤情况	5				
	② 车间纪律	5				
	③ 团队协作精神	5				
安全文明生产	① 划线工具的摆放和维护	10				
	② 工位的卫生情况	5				

三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

项目六　锯削加工

项目情境创设



项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 会选用锯割工具、锯条规格 ② 掌握锯割操作的方法和姿势 ③ 了解锯条损坏原因及预防方法	实训操作	2
知识目标	① 掌握锯削加工的步骤和方法 ② 了解锯削中容易出现的问题 ③ 掌握锯削注意事项	理论讲授、实训操作	2

项目基本功

一、项目基本技能

任务一　锯条的安装

锯条的松紧要适当，太紧失去了应有的弹性，锯条容易崩断；太松会使锯条扭曲，锯缝歪斜，锯条也容易崩断。可以用手将锯条扳动一下，感觉锯条的松紧程度；并且检查锯条平面与锯弓中心是否在一个平面上，如图 6-1 所示。

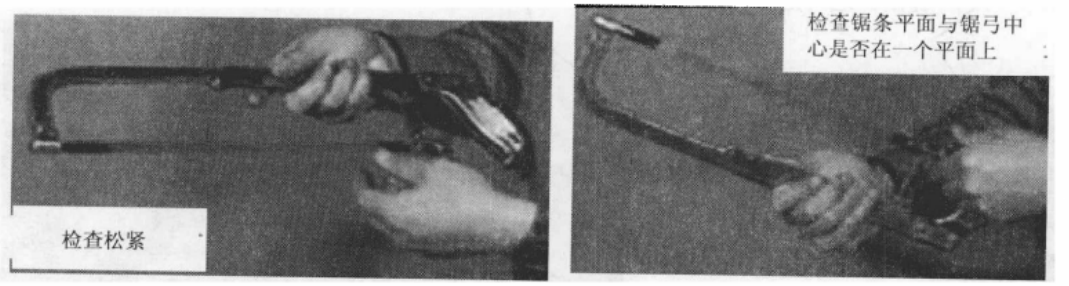


图 6-1　锯条的安装

手锯是向前推时进行切割，在向后返回时不起切削作用，因此安装锯条时应锯齿向前，绝不能将锯齿装反，如图 6-2 所示。

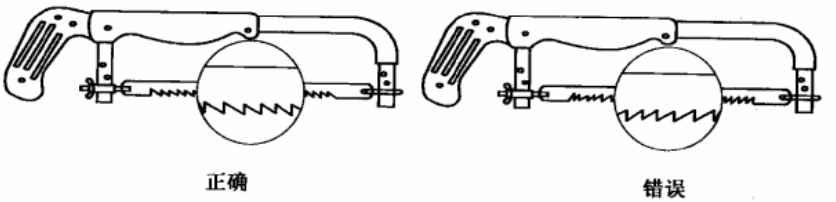


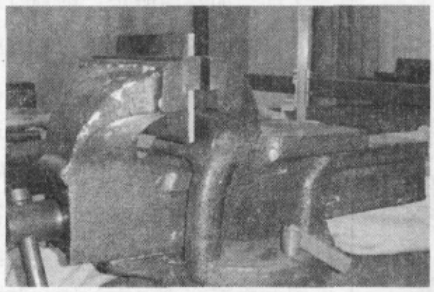
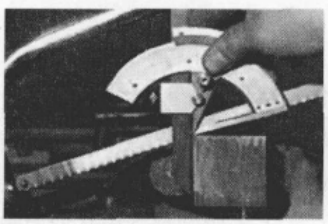
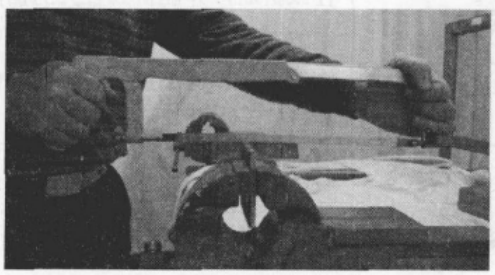
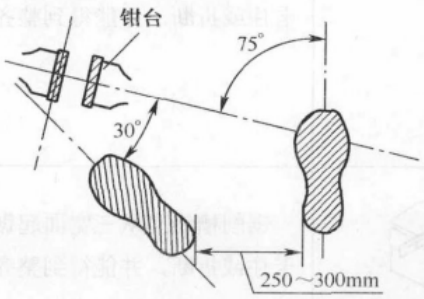
图 6-2　安装锯条时锯齿的方向

任务二　锯削加工

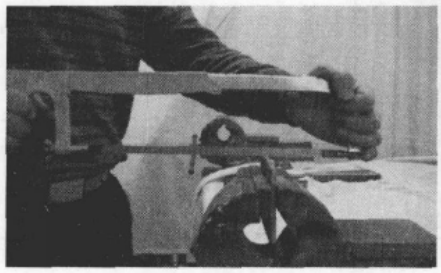
虽然当前各种自动化、机械化的切削设备已广泛地使用，但锯削还是常见的。它具有方便、简单和灵活的特点。在单件小批量生产、临时工地以及锯削异形工件、开槽、修整等场合应用很广泛。因此，手工锯削操作是钳工需要掌握的基本功之一。

1．锯削加工的步骤和方法（见表 6-1）

表 6-1　　锯削加工的步骤和方法

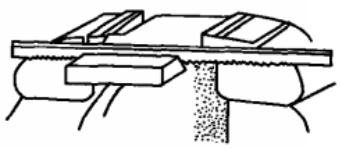
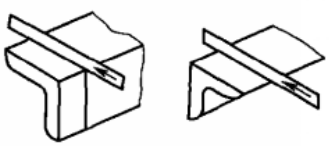
步骤	项目	锯削示意图	锯削的方法
1	工件的夹持		工件的夹持要牢固，不可有抖动，以防锯割时工件移动而使锯条折断。同时也要防止夹坏已加工表面和工件变形。工件尽可能夹持在虎钳的左面，以方便操作；锯割线应与钳口垂直，以防锯斜；锯割线离钳口不应太远，以防锯割时产生抖动
2	起锯	 （a）  （b）	起锯的方式有远边起锯和近边起锯两种，一般情况采用远边起锯。因为此时锯齿是逐步切入材料，不易卡住，起锯比较方便 为了起锯的位置正确和平稳，起锯时要用左手大拇指按在工件上，锯条紧靠在大拇指边，挡住锯条来定位。此时轻轻地拉动锯弓，起锯时压力要小，往返行程要短，速度要慢，这样可使起锯平稳，如左图（a）所示。 起锯角在 15° 左右，如左图（b）所示
3	锯削时的握锯		右手握紧锯柄，左手轻扶锯弓前端、锯割时右手主要起控制锯弓运动的作用，左手配合右手扶稳锯弓，轻施压力，起辅助作用。推锯是工作行程，双手应对锯弓施以压力；回锯是非工作行程，不施压力
4	锯削时的站姿		站姿是锯割时站立的姿势。锯割时，操作者站在台虎钳纵向中心线左侧，身体偏转约 45°，左脚向前跨小半步，重心偏于右脚，两脚自然站稳，视线落在工件的锯削线上

续表

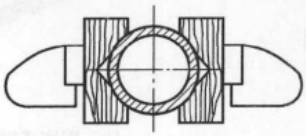
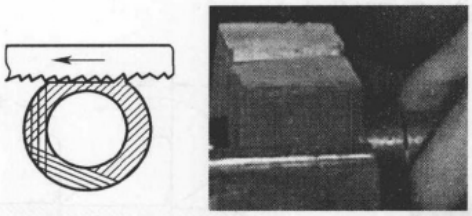
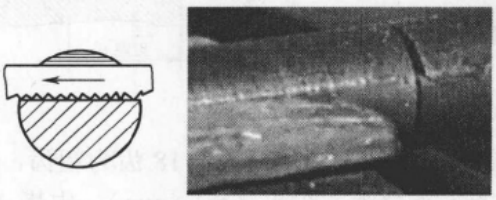
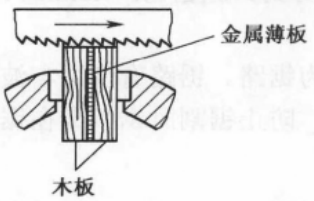
步骤	项目	锯削示意图	锯削的方法
5	正常锯削		当整条锯口形成时，锯应改作水平直线往复运动，如左图所示。锯割时，手握锯弓要舒展自然，右手握住手柄向前施加压力，左手轻扶在弓架前端，稍加压力。人体重量均布在两腿上。锯割时速度不宜过快，以每分钟30～60次为宜，并应用锯条全长的2/3工作，以免锯条中间部分迅速磨钝。推锯时锯弓运动方式有两种：一种是直线运动，适用于锯缝底面要求平直的槽和薄壁工件的锯割；另一种是锯弓上下摆动，这样操作自然，两手不易疲劳。锯割到材料快断时，用力要轻，以防碰伤手臂或折断锯条
6	收锯		收锯是锯割的结束。工件将要锯断时，应注意收锯，此时用力要小、速度放慢，用左手扶住即将锯下的部分，直到锯断

2．锯削加工的实例（见表6-2）

表6-2　　锯削加工不同工件的实例

步骤	项目	锯削示意图	锯削的方法
1	锯削扁钢		锯削扁钢应从宽面起锯，以免锯条被卡住或折断，并能得到整齐的锯面。锯削型钢的方法与扁钢基本相同，当一面锯穿后，应改变工件的夹持位置，始终保持从宽面起锯
2	锯削角钢	 	锯削角钢应从两宽面起锯，以免锯条被卡住或折断，并能得到整齐的锯面
3	锯削槽钢		锯削槽钢应从三宽面起锯，以免锯条被卡住或折断，并能得到整齐的锯面

续表

步骤	项目	锯削示意图	锯削的方法
4	锯薄圆管		锯割圆管时，一般把圆管水平地夹持在虎钳内，对于薄管或精加工过的管子，应夹在木垫之间
5	锯厚圆管		锯割管子不宜从一个方向锯到底，应该锯到管子内壁时停止，然后把管子向推锯方向旋转一些，仍按原有锯缝锯下去，这样不断转锯，直到锯断为止
6	锯圆钢		锯割圆钢时，为了得到整齐的锯缝，应从起锯开始以一个方向锯至结束。如果对断面要求不高，可逐渐变更起锯方向，以减少抗力，便于切入
7	锯薄板		锯割金属薄板时，为了防止工件产生振动和变形，可用木板夹住薄金属板两侧进行锯割

二、项目基本知识

知识点一　锯削工具的相关知识

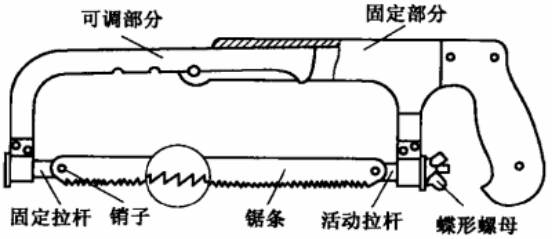
1．锯弓的构造与种类

锯削的常用工具是手锯，由锯弓、锯条、固定部分、可调部分、固定拉杆、销子、活动拉杆和蝶形螺母组成，如图 6-3 所示。锯弓的种类可分为固定式和可调式两种，图 6-3（a）所示为常用的可调式锯弓。固定式锯弓的弓架是整体的，只能装一种长度规格的锯条，如图 6-3（b）所示。可调式锯弓的弓架分成前后、前段，由于前段在后段套内可以伸缩，因此可以安装几种长度规格的锯条，故目前广泛使用的是可调式。

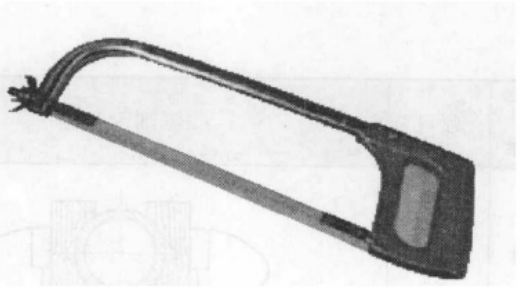
2．锯条的材料、规格、锯齿排列及种类

锯条采用碳素工具钢（如 T10 或 T12）或合金工具钢，经制齿、淬火和低温回火而制成，锯齿硬而脆。其规格用锯条两端安装孔之间的距离（长度有 150～400mm）表示。常用的锯条是长 300mm、宽 12mm、厚 0.8mm。

锯条的切削部分由许多锯齿组成，每个齿相当于一把錾子起切割作用。常用锯条的前角 γ 为 0、后角 α 为 40°～50°、楔角 β 为 45°～50°，如图 6-4 所示。

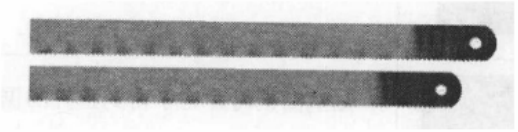


（a）可调式锯弓



（b）固定式锯弓

图 6-3　手锯的构造



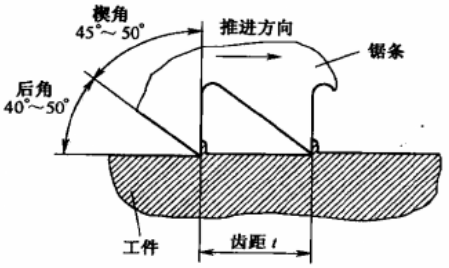


图 6-4　锯齿形状图

锯齿的粗细是按锯条上每 25mm 长度内的齿数表示的：14～18 齿为粗齿，24 齿为中齿，32 齿为细齿。锯齿的粗细也可按齿距 t 的大小分为：粗齿（t=1.6mm）、中齿（t=1.2mm）及细齿（t=0.8mm）三种。

锯条的锯齿左右错开，排列成一定形状称为锯路。锯路有交叉、波浪等不同排列形状。锯路的作用是使锯缝宽度大于锯条背部的厚度，防止锯割时锯条卡在锯缝中，并减少锯条与锯缝的摩擦阻力，使排屑顺利，锯割省力。

知识点二　锯条的选用方法

锯条的粗、细应根据加工材料的硬度和厚、薄来选择，如表 6-3 所示。

表 6-3　　锯齿的粗细规格及应用

规　格	每 25mm 长度内齿数	应　用
粗	14～18	锯削软材料（软钢、黄铜、铝、铸铁、紫铜）和较厚材料
中	22～25	锯削中等硬度钢、厚壁的钢管、铜管
细	32	锯削硬材料和薄材料（工具钢、薄片金属、薄壁管子）
细变中	20～32	一般工厂中使用，易于起锯

知识点三　锯削注意事项

① 锯削前要检查锯条的装夹方向和松紧程度。
② 锯削时压力不可过大，速度不宜过快，以免锯条折断伤人。
③ 锯削将完成时，用力不可太大，并需用左手扶住被锯下的部分，以免该部分落下时砸脚。

知识点四　锯削中容易出现的问题

锯削操作中最常见的问题就是锯条折断和崩齿，引起这两种情况的原因分析如表 6-4 所示。

表 6-4　　锯削中容易出现的问题原因分析

锯条折断原因	锯条崩齿原因
① 锯条安装得过紧或过松	① 起锯角度太大
② 工件装夹不正确	② 起锯用力太大
③ 锯缝歪斜过多，强行借正	③ 工件钩住锯齿
④ 压力太大，速度过快	
⑤ 新换的锯条在旧的锯缝中被卡住，而造成折断	

项目学习评价

一、思考练习题

（1）解释不同粗细锯条的分类及应用范围。

（2）解释锯削过程中锯缝歪斜过多的原因，并说出其解决方法。

二、自我评价、小组互评及教师评价

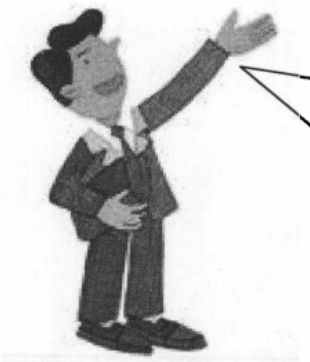
评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 锯条的种类及其应用	10				
	② 锯削的注意事项	10				
	③ 锯削过程中问题的分析	15				
实操技能	① 锯削工具的使用	20				
	② 锯削的加工方法	20				
学习态度	① 出勤情况	5				
	② 车间纪律	5				
	③ 团队协作精神	5				
安全文明生产	① 工具的摆放和维护	5				
	② 工位的卫生情况	5				

三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

项目七　錾削加工

项目情境创设



用锤子打击錾子对金属工件进行切削加工的方法，叫錾削，又称凿削，如图 7-1 所示。它的工作范围主要是去除毛坯上的凸缘、毛刺，分割材料、錾削平面及油槽等，经常用于不便于机械加工的场合。通过錾削工作的锻炼，可以提高锤击的准确性，为装拆机械设备打下扎实的基础。



图 7-1　錾削

项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	掌握錾削工具的使用方法	理论讲授	2
知识目标	① 认识常见的錾削工具 ② 掌握錾子的种类及用途	实训操作、理论讲授	2

项目基本功

一、项目基本技能

任务一　錾削工具的认知及选用

1．手锤

手锤又叫榔头，是用来敲击錾子对工件进行切削加工的一种工具，由锤体和锤把组成。锤体用碳素工具钢制成并经淬火处理，锤把用硬而不脆的木料做成。其规格用锤体重量大小来表示，如 0.25 kg、0.5 kg、1 kg 等，如图 7-2 所示。

手锤材料：锤头碳素工具钢制成。并且在锤头的木柄（俗称榔头把）里有一楔铁，组装在一起如图 7-3 所示。为保证安全，在使用前要检查锤头是否有松动，若有松动，即时修整楔铁，以防锤头脱落、伤人。

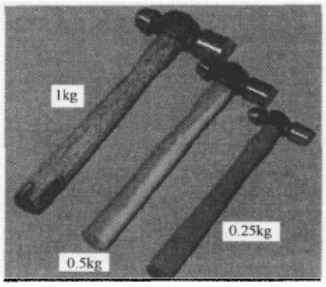


图 7-2　手锤

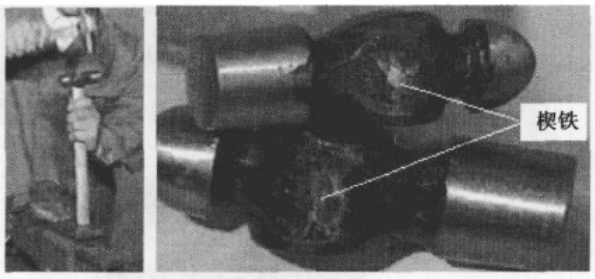
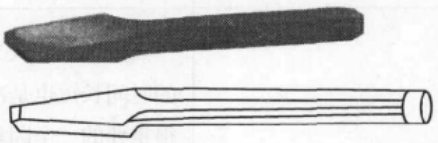
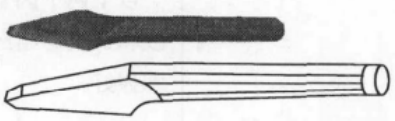
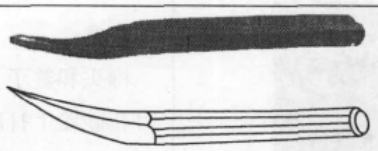


图 7-3　榔头的组装与楔铁

2．錾子的种类及用途

錾子是钳工的基本工具之一，既可以选用成熟型的錾子，亦可自己刃磨、热处理后自制。錾子的种类、结构图、用途和材料如表 7-1 所示。

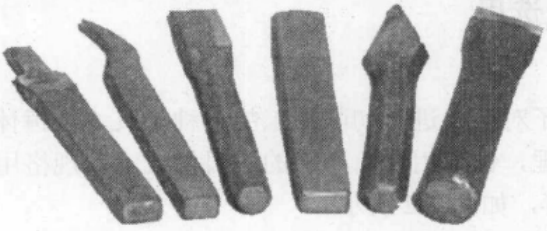
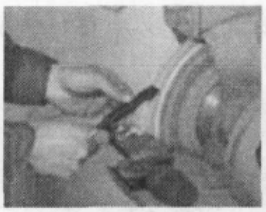
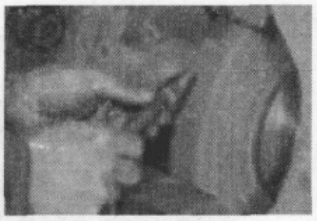
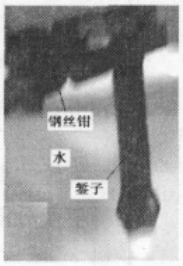
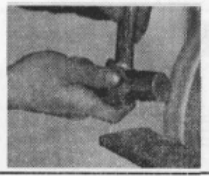
表 7-1　　錾子的种类、结构图、用途和材料

种类	实物图与结构图	用　途	材　料
扁錾		扁錾主要用来錾削平面，去除焊接边缘、锻件及铸件上的毛刺和分割板料等	碳素工具、弹簧钢、锋钢（合金钢）T7A 或 T8A
尖錾		尖錾主要用来錾削沟槽及分割曲线形板料	碳素工具、弹簧钢、锋钢（合金钢）T7A 或 T8A
油槽錾		油槽錾主要用来錾削平面或曲面上的油槽	碳素工具、弹簧钢、锋钢（合金钢）T7A 或 T8A

3．錾子的加工

錾子用碳素工具钢经过锻造成各种各样形状，其切削部分在砂轮上磨成刀刃形状，并经热处理使其达到较高的硬度，加工步骤及注意事项如表 7-2 所示。

表 7-2　　錾子的加工步骤

步骤	实际操作示意图	说　明
1		錾子用碳素工具钢经过锻造成各种各样形状的毛坯
2	 	切削部分在砂轮上磨成刀刃形状
3		用氧气割刀将錾子加温
4		热处理时錾子被加温的成色非常重要，直接影响錾子的硬度。火大了錾子淬火硬度大，錾子容易断裂；火小了錾子淬火硬度小，錾子容易卷刃（俗语称“钢火不好”）
5		热处理（淬火）时，錾子在水中的时间长短也是决定錾子硬度大小很重要的一个因素 以上两个因素必须经过多次实践和认真总结经验，才能慢慢地掌握好
6	 	注意： 榔头和錾子头部卷边后，要及时在砂轮上打磨

任务二　錾削操作

1．手锤的握法

一般手锤木柄（手把）的长度为 350mm，手握时端部留 15～30mm，如图 7-4 所示。

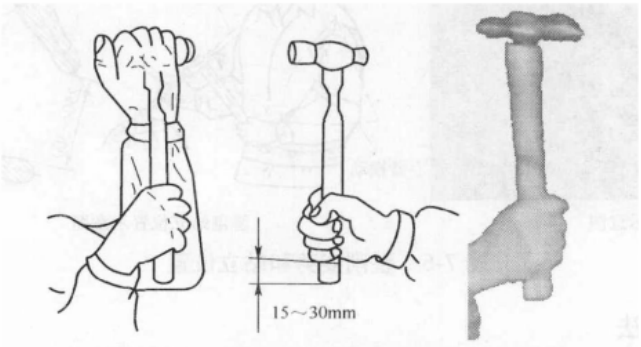
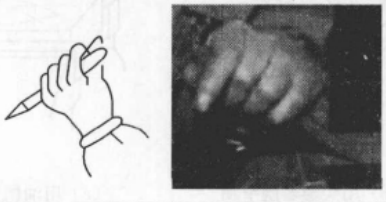
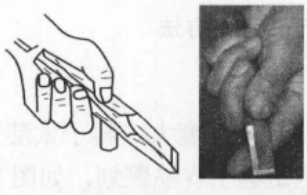
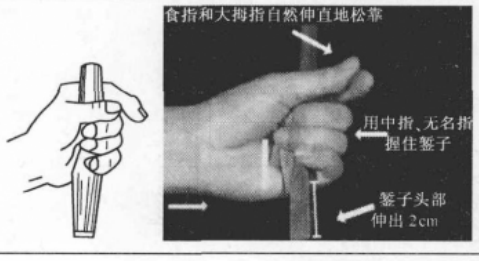
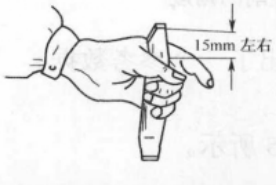


图 7-4　手锤的握法

2．錾子握法

錾子握法如表 7-3 所示。

表 7-3　　錾子握法

握法	示　意　图	握 法 要 领
正握法		手心向下；用虎口夹住錾身，拇指与食指自然张开，其余三指自然弯曲靠拢握住錾身，如左图所示。露出虎口上面的錾子顶部不宜过长，一般在 10～15mm
反握法		手心向上；手指自然捏住錾身，手心悬空，如左图所示。这种握法适用于少量的平面或侧面錾削
立握法		虎口向上，拇指放在錾子一侧，其余四指放在另一侧捏住錾子，如左图所示。这种握法用于垂直錾切工件，如在铁砧上斩断材料
注意事项		以上三种握法錾子头部都要留出 15mm 左右

3．錾削姿势和站立位置

錾削姿势和站立位置如图 7-5 所示。

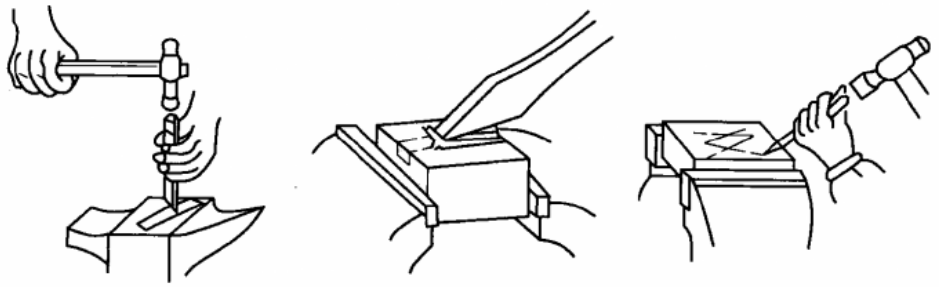


錾削姿势示意图　　錾削站立位置示意图

图 7-5　錾削姿势和站立位置

4．錾子的使用方法

錾削时眼睛应注视工件的錾削部位及錾刃，不可看手锤或錾柄尾端。右手出锤时应从肩部出锤，且保证出锤力量一致。挥锤时手臂放松，学会使用腕力。錾子与工件之间的夹角要适度，錾子倾斜过大，会使錾削切入过深；倾斜太小不能切入，容易滑脱，如图 7-6 所示。



（a）用扁錾錾断条料　　（b）用尖錾錾削窄槽　　（c）用油槽錾錾削平面油槽

图 7-6　錾子的使用方法

5．錾削的角度

錾削不同的材料，錾削的角度也是不同的。錾削角度大（錾子太陡）吃料深，不容易錾削；錾削角度小（錾子太平）吃料浅，錾削容易，但是錾子容易飘划，如图 7-7 所示。

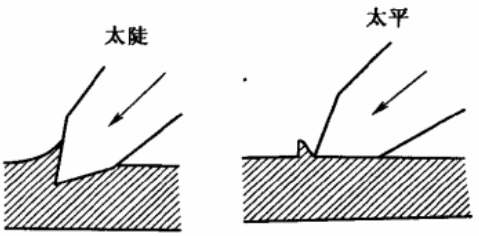


图 7-7　錾削的角度

那么什么样的錾削角度合适呢？表 7-4 给出了一个参考数据。

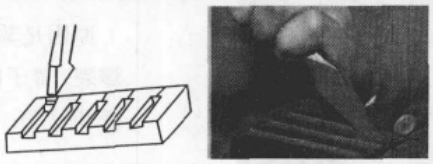
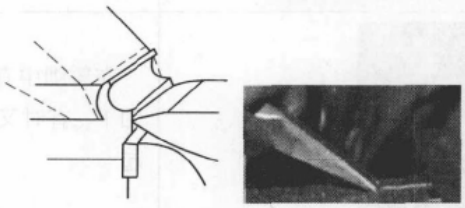
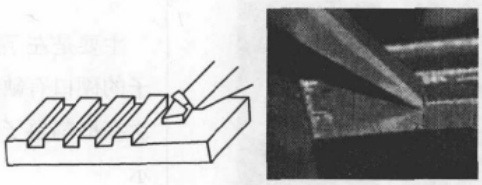
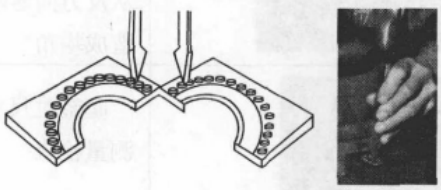
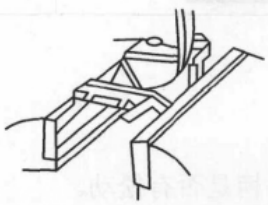
6．各种錾削方法

在錾削中经常会遇到各种錾削面，如表 7-5 所示。

表 7-4　　不同材料的錾削角度

材　料	角　度
硬钢、硬铸铁	60°～70°
钢、软铸铁	60°
合金钢	45°～60°
铝、锌	30°

表 7-5　　各种錾削方法

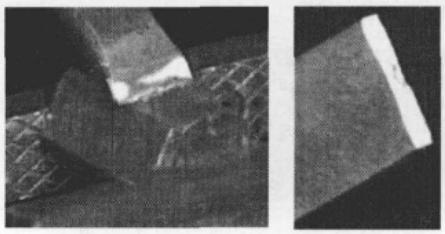
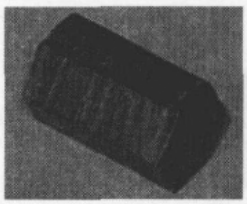
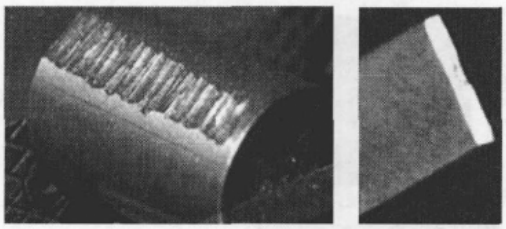
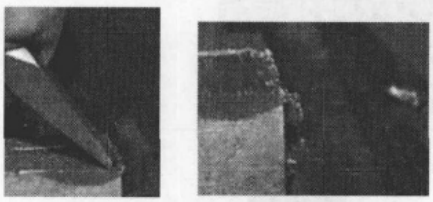
序号	錾削示意图与实物图	錾削说明
1		在平面錾削不露头的槽（一般通槽用铣床加工）
2		在錾削加工平面厚度在刨床、磨床与锉刀加工量之间的工件
3		錾削修整平面
4		平面錾削加工各种形状的油槽
5		平面錾削加工通孔
6		平面錾削加工形状不规则的通孔

二、项目基本知识

知识点一　錾削容易出现的问题

在錾削中容易出现以下几种问题，如表 7-6 所示。

表 7-6　　錾削容易出现的问题

錾削面	实　物　图	錾 削 说 明
錾削面粗糙		原因是錾子硬口有缺损、卷刃和爆裂；錾子的方向在錾削中经常改变和移动；榔头打击力不均匀
工件表面凸凹不平		在錾削中有时后角过大，錾削面凹下；有时又后角过小，錾削面凸起
錾削表面有梗痕		主要是左手握錾子没有放稳，錾子的硬口有缺损、卷刃和爆裂；其次在磨削錾子有凸凹口，如左图所示
工件崩裂或塌角		錾削中錾子錾到工件端头，打击力太大；正确的錾削应该是錾子錾到工件端头时，将錾子调头 180° 从反方向錾削。錾削加工量太大，造成塌角
尺寸超出允差		起錾时尺寸不准，錾削没有及时测量检查

知识点二　錾削操作的注意事项

① 先检查錾口是否有裂纹。
② 检查锤子手柄是否有裂纹，锤子与手柄是否有松动。
③ 正面对人时不要操作。

④ 錾头不能有毛刺。
⑤ 操作时不能戴手套，以免打滑。
⑥ 錾削临近终了时要减力锤击，以免用力过猛伤手。

项目学习评价

一、思考练习题

（1）简述扁錾的常用材料和加工范围。
（2）当錾削一高碳钢工件时，应选用什么样的角度加工。

二、自我评价、小组互评及教师评价

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 錾削工具的认识	5				
	② 錾子的种类及用途	10				
实操技能	① 常见的錾削加工方法	10				
	② 錾子的握法	15				
	③ 錾削毛刺	10				
	④ 錾削平面和油槽	20				
学习态度	① 出勤情况	5				
	② 车间纪律	5				
	③ 团队协作精神	5				
安全文明生产	① 工具的摆放和维护	10				
	② 工位的卫生情况	5				

三、个人学习总结

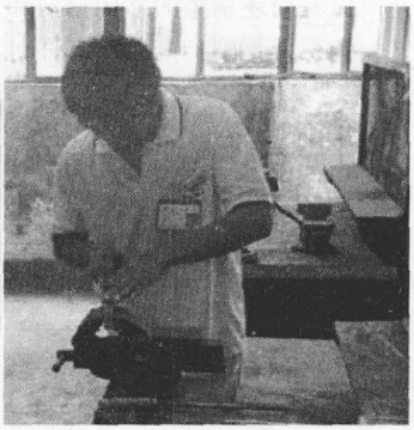
成功之处	
不足之处	
改进方法	

项目八　锉削加工

项目情境创设



锉削是用锉刀对工件表面进行切削加工，使其尺寸、形状、位置和表面的粗糙度等都达到要求的加工方法，也是钳工中最基本、最重要的操作基本功之一。提高对工件的平面锉削质量，应从锉削操作、锉法选择、锉刀选用和质量检测四个方面加以综合考虑。



项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 了解锉刀的种类、规格和用途 ② 掌握锉刀的选用 ③ 掌握锉刀的握法 ④ 熟悉锉削方法	理论讲授、实训操作	4
知识目标	① 掌握锉削的步骤和方法 ② 熟悉锉削质量检查方法 ③ 了解锉削加工的范围 ④ 了解锉削注意事项	理论讲授、实训操作	2

项目基本功

一、项目基本技能

任务一　锉削操作

1．锉刀的握法

针对锉刀大小不同，锉刀的握法不一样，其中，大锉刀可有三种握法，如图 8-1（a）、图

8-1（b）、图 8-1（c）所示；中型一种，如图 8-1（d）所示；小型两种，如图 8-1（e）、图 8-1（f）所示。

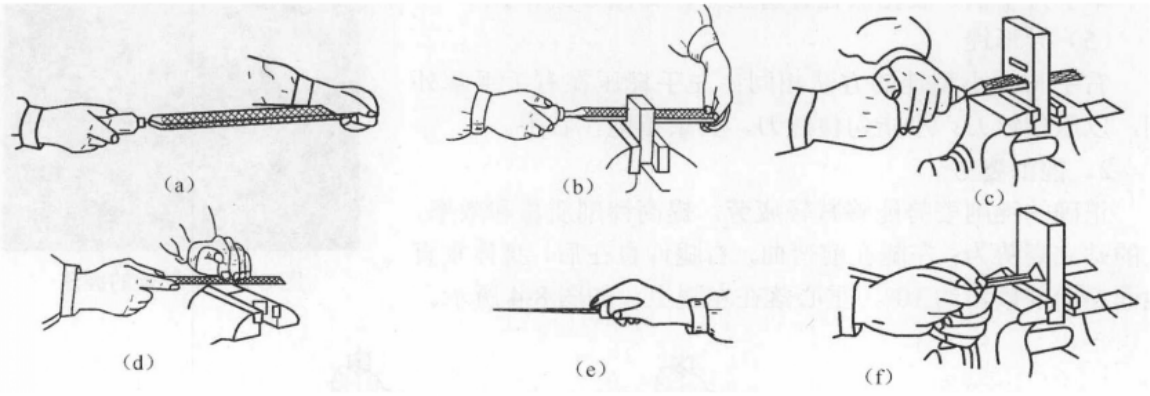


图 8-1　锉刀的握法

（1）大锉刀的握法

右手握着锉刀柄，将柄的外端顶在拇指根部的手掌上，大拇指放在手柄上，其余手指由上而下握住手柄。左手掌斜放在锉刀上方，拇指根部肌肉轻压在锉刀的刀尖上，中指和无名指抵住梢部右下方（或左手掌斜放在锉刀梢部，大拇指自然伸出，其余各指自然蜷曲，小指、无名指、中指握住锉刀的前下方；或左手掌斜放在锉刀梢上，其余各指自然平放），如图 8-2 所示。

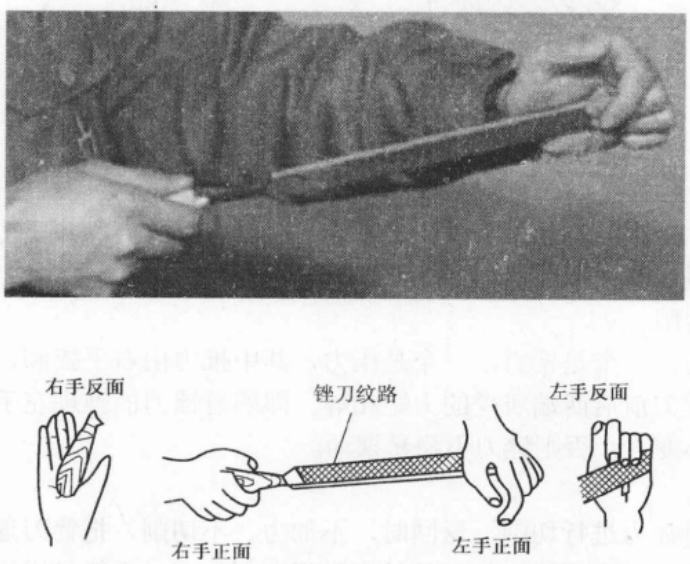


图 8-2　较大锉刀左、右手的握法

（2）中型锉

右手与握大锉刀的方法相同；左手的大拇指和食指轻轻持扶锉梢。

（3）小型锉

右手食指平直扶在手柄的外侧面；左手手指压在锉刀的中部，以防止锉刀在锉削时前高

后低（或前低后高），保持锉刀始终是水平工作。

（4）整形锉

单手持手柄，食指放在锉身上方，如图 8-3 所示。

（5）异形锉

右手与握小型锉的方法相同；左手轻压在右手手掌外侧，以压住锉刀；小指勾住锉刀，其余指抱住右手。

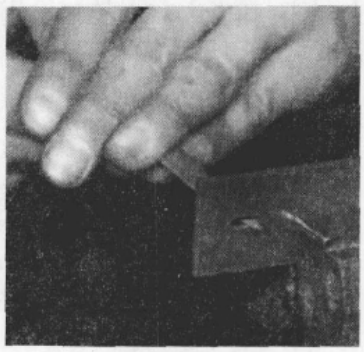


图 8-3　整形锉的握法

2．锉削姿势

正确的锉削姿势能够减轻疲劳，提高锉削质量和效率，人的站立姿势为：左腿在前弯曲，右腿伸直在后，身体垂直地面略向前倾斜约 10°，重心落在左腿上，如图 8-4 所示。

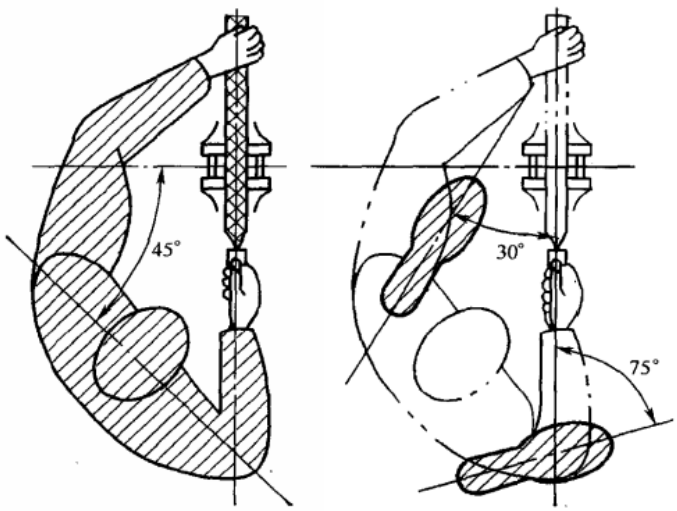


图 8-4　站立姿势

锉削时，肩膀自然放松；右手握着锉刀柄，左手掌斜放在锉刀前端上方。两腿站稳不动，靠左膝的屈伸使身体做往复运动，手臂和身体的运动要相互配合，并要使锉刀的全长充分利用。锉削姿势和手用力的大小（力量要均匀）如图 8-5 所示。

（1）锉削力的运用

锉削时有两个力，一个是推力，一个是压力，其中推力由右手控制，压力由两手控制。在锉削中，要保证锉刀前后两端所受的力矩相等，即随着锉刀的推进左手所加的压力由大变小，右手的压力由小变大，否则锉刀不稳易摆动。

（2）注意问题

锉刀只在推进时加力进行切削，返回时，不加力、不切削，把锉刀返回即可，否则易造成锉刀过早磨损；锉削时利用锉刀的有效长度进行切削加工，不能只用局部某一段，否则局部磨损过重，会导致寿命降低。

（3）速度

一般 30～40 次/分，速度过快，易降低锉刀的使用寿命。

3．工件的装夹

① 工件尽量夹持在台虎钳钳口宽度方向的中间。锉削面靠近钳口，以防锉削时产生震动。

② 装夹要稳固，但用力不可太大，以防工件变形。



实际操作图

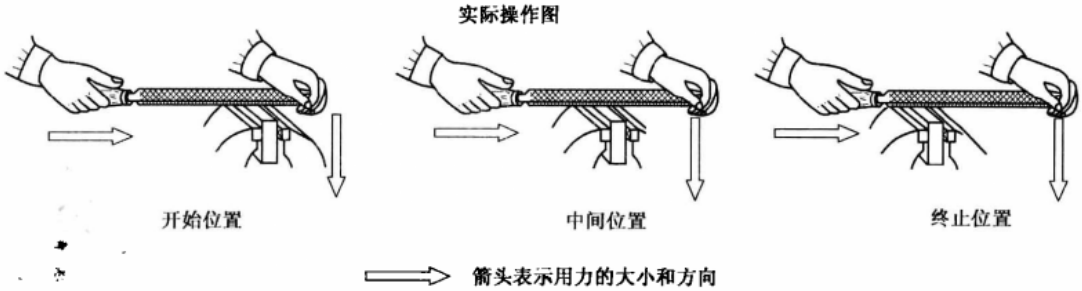


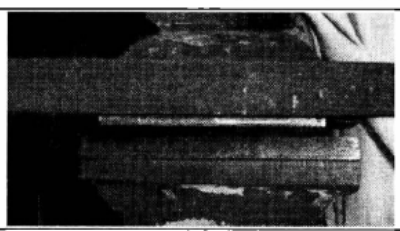
图 8-5　锉削姿势

③ 装夹已加工表面和精密工件时，应在台虎钳的钳口上衬上紫铜皮或铝皮等软的衬垫，以防夹坏工件。

4．锉削操作方法

生产中常用的锉削方法见表 8-1。

表 8-1　　常用的锉削方法

锉削方法	图　示	应　用
交叉锉法		常用于较大面积的粗锉，去削快、效率高
顺向锉法		主要用于工件的精锉，可得到平面、光洁的表面
推锉法		常用于较窄表面的精锉以及不能用顺向锉法加工的场合，如加工表面前端有凸台等

续表

锉削方法	图　示	应　用
滚锉法		用于锉削外圆弧面和倒角

任务二　锉削质量检查

如图 8-6 所示，锉削质量检查方法主要有以下几种。

① 尺寸检查，粗略测量可用直尺，精确检查时选用游标卡尺。

② 直线度检查，利用透光镜原理，用刀口尺（见图 8-6（a））或直角尺（见图 8-6（b））检查。

③ 垂直度检查，利用透光法用直尺检查，检查时角尺贴紧工件向下移动（见图 8-6（c））。

④ 线轮廓度检查，常用工具为检测样板（见图 8-6（d））。

⑤ 表面粗糙度检查，用眼睛观察，凭经验判断或用表面粗糙度样板对照。

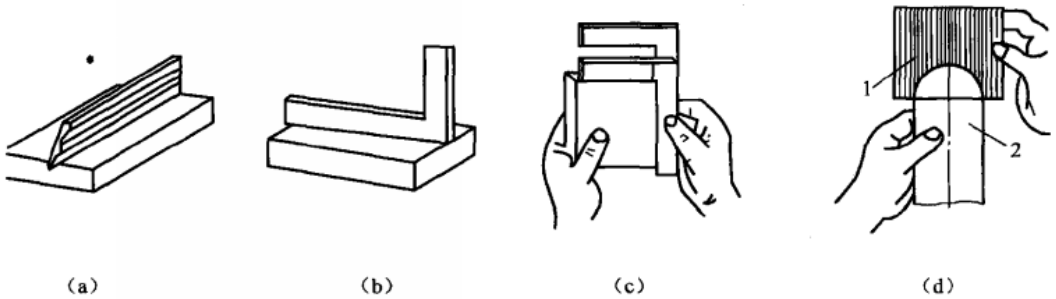


图 8-6　常用的检验方法

二、项目基本知识

知识点一　锉刀的结构和种类

锉削是钳工最基本的操作，是用锉刀对毛坯表面或对由锯削等方法加工过的表面进行加工。锉削可完成平面、曲面、内外圆弧面沟槽和各种复杂表面（如成型样板、模具型腔等）的加工以及机器的装置、调整和修配。

1．锉刀的结构

锉刀由锉身和锉柄两部分组成。各部位的名称如图 8-7 所示，其规格一般用工作部分的长度表示，有 100mm，150mm，…，400mm 七种。锉刀常用碳素工具钢 T10、T12 制成，并经热处理淬火，硬度为 HRC62～67。锉齿多是在制锉机上剁成，经热处理淬硬，其锉齿形状如图 8-8 所示。锉刀的锉纹常制成双纹，以便锉削时切削易碎断不致堵塞锉面，达到省力的目的。

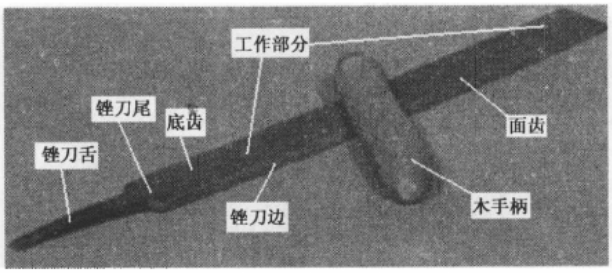


图 8-7　锉刀的结构

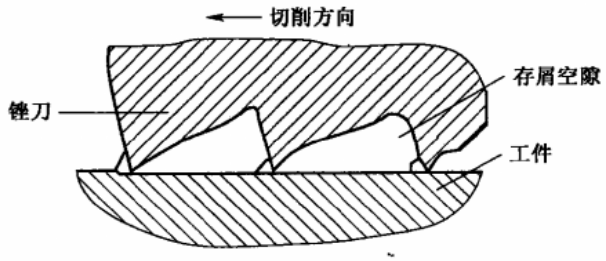


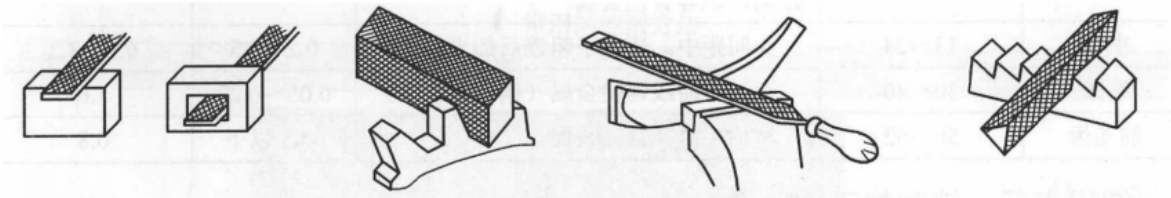
图 8-8　锉齿形状

2．锉刀的种类

锉刀按其用途可分为普通锉、异形锉和整形锉三大类。

（1）普通锉

按其断面形状分为平锉（又称板锉）、方锉、三角锉、半圆锉和圆锉五种，如图 8-9 和图 8-10 所示。



（a）平锉　（b）方锉　（c）半圆锉　（d）三角锉

图 8-9　普通锉刀种类

锉刀按齿纹粗细（即锉面上 10mm 长度内齿数的多少）分为粗齿、中齿、细齿和油光齿。

（2）异形锉

异形锉是用来锉削工件特殊表面用的，有刀口锉、扁三角锉、椭圆锉、圆肚锉等，如图 8-11 所示。

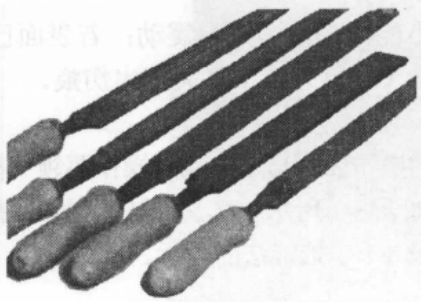


图 8-10　锉刀实物图



图 8-11　异形锉刀种类

（3）整形锉

整形锉又叫什锦锉或组锉，它因分组配备各种断面形状的小锉而得名，主要用于修整工件上的细小部分，通常以 5 把、6 把、8 把、10 把或 12 把为一组，如图 8-12 所示。

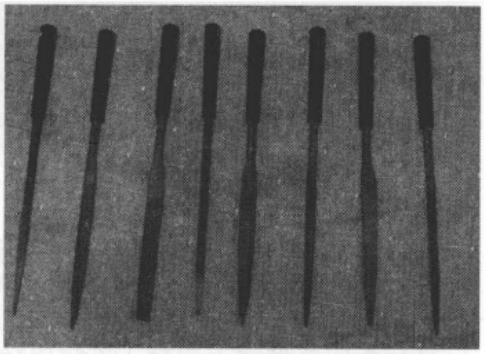


图 8-12　什锦锉刀种类

知识点二　锉刀的选用方法

生产中根据工件形状来选择锉刀，不同齿纹锉刀的特点和适用范围如表 8-2 所示。

表 8-2　　锉刀刀齿粗细的划分、特点及选用

锉齿粗细	齿数（个）（10mm 长度内）	特点和应用	加工余量（mm）	表面粗糙度值（μm）
粗齿	4～12	齿间距大，不易堵塞，适宜粗加工或锉铜、铝等有色金属	0.5～1	50～12.5
中齿	13～24	齿间距中，适宜于粗锉后加工	0.2～0.5	6.3～3.2
细齿	30～40	锉光表面或锉硬金属（钢、铸铁等）	0.05～0.23	1.6
油光齿	50～62	精加工时，修光表面	0.05 以下	0.8

知识点三　锉削加工的种类

1．平面锉削

（1）选择锉刀

① 根据加工余量选择：若加工余量大，则选用粗锉刀或大型锉刀；反之则选用细锉刀或小型锉刀。

② 根据加工精度选择：若工件的加工精度要求较高，则选用细锉刀；反之则选用粗锉刀

（2）工件夹持

将工件夹在台虎钳钳口的中间部位，伸出不能太高，否则易震动；若表面已加工过，则垫角钢形状的紫铜皮，以防止台虎钳钳口的纹路（牙口）将工件夹持出伤痕。

（3）锉削的方法

顺向锉的操作要领，如图 8-5 所示；交叉锉的操作要领与顺向锉的操作要领一样，区别是顺向锉的操作方向是一个，而交叉锉是两个方向，如表 8-1 所示中交叉锉法的图示；推锉的操作要领是两手握住锉刀的中部，两手的力量一样，如表 8-1 中推锉法的图示。

（4）检验方法

检验使用透光法。

量具：刀口直尺（平面度），直角尺（垂直度）。

2．曲面锉削

（1）外圆弧的锉削

在加工外圆弧时，应选用哪种锉刀？（应选用平锉）

锉刀种类较多，尤其加工外圆弧面时，多数同学会认为要用圆锉，很易出错，故在此提出，以加深印象。

方法：用平锉径向运动形式圆弧锉法，用于外圆弧粗加工其操作要领是锉刀的握法，如图 8-5 所示，但是操作要领是起锉的地点由外向内沿外圆弧方向即滚锉法，如表 8-1 中滚锉法的图示。滚锉法用于精加工或余量较小时。

（2）内圆弧的锉削

工具使用半圆锉，运动形式首先向前运动，其次向左或向右移动，最后绕锉刀中心线转动，三个运动同时完成。

知识点四　锉削注意事项

① 锉刀必须装手柄使用，当锉刀柄松动时应装紧后再用，不使用无柄或柄已裂开的锉刀，以免刺伤手腕。如何拆、装锉刀，如表 8-3 所示。

② 不准用嘴吹锉屑，防止铁屑飞进眼睛，也不要用手清除锉屑。

③ 当锉屑堵塞锉纹后，应用铜（钢）丝刷顺着锉纹方向刷去锉屑。

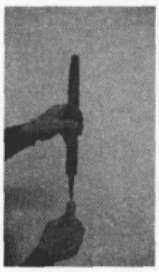
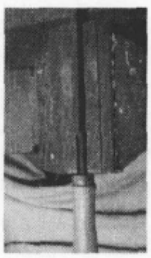
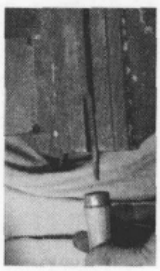
④ 对铸件上的硬皮或粘砂、锻件上的飞边或毛刺等，应先用砂轮磨去，然后锉削。

⑤ 锉削时不准用手摸锉过的表面，因手有油污，再锉时会打滑。

⑥ 锉刀不能作橇棒或敲击工件，防止锉刀折断伤人。

⑦ 放置锉刀时，不要使其露出工作台面，以防锉刀跌落伤脚；也不能把锉刀与锉刀叠放或锉刀与量具叠放。

表 8-3　　锉刀的拆、装

安装锉刀		拆除锉刀	
			

项目学习评价

一、思考练习题

（1）简述锉刀的种类及其应用。

（2）在锉削过程中如何避免压板凸面的产生？

二、自我评价、小组互评及教师评价

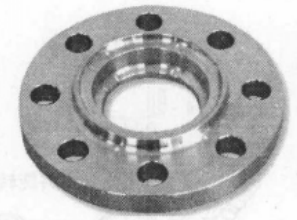
评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价	得分
理论知识	① 常见的锉削加工方法	5				
	② 锉刀的种类及用途	10				
实操技能	① 锉刀的握法	10				
	② 锉削姿势的掌握	15				
	③ 锉削平面	20				
	④ 锉削其他表面	10				
学习态度	① 出勤情况	5				
	② 车间纪律	5				
	③ 团队协作精神	5				
安全文明生产	① 工具的摆放和维护	10				
	② 工位的卫生情况	5				

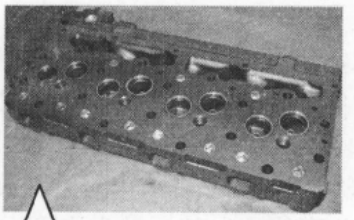
三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

项目九　孔　加　工

项目情境创设



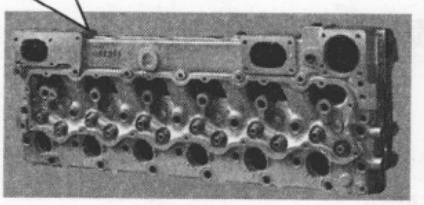




需要用到什么设备呢？

这些孔是怎么加工的呢？





孔加工在机械加工里是项重要的加工工艺，法兰盘、发动机箱体、枪管等诸多零件上都会用到孔的加工。那么，在众多的孔加工工序里，哪些是钳工工序中要做的？钳工如何实现这些孔的加工？需要用到什么加工设备？事实上，在钳工工艺里，孔加工主要指钻孔、扩孔、铰孔、锪孔等。本项目只介绍钻孔、铰孔工艺。

项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 能正确使用钻床，重点是台钻和摇臂钻的操作方法 ② 掌握一般的钻孔方法步骤，对深孔加工有一定的了解	现场实物教学，学生边学边练	4

续表

学习目标		学习方式	学时
知识目标	① 熟知标准麻花钻的结构，能迅速判断出普通麻花钻切部分的五刃六面及切削角度 ② 会判断标准麻花钻的刃磨质量 ③ 掌握钻削用量的选取方法、原则 ④ 掌握铰削用量的选取方法、原则	知识讲授	4

项目基本功

用钻头在实体材料上加工孔的操作叫钻孔。钻削时的切削运动有主运动和进给运动。在钻床钻孔时，钻头装在钻床主轴或者装在与主轴连接的钻夹头上，而工件被固定在钻床上。因此，钻削运动主要由钻床主轴来实现。其中，钻头随主轴旋转的运动为主运动，钻头随主轴沿钻头直线方向的运动为进给运动，如图 9-1 所示。

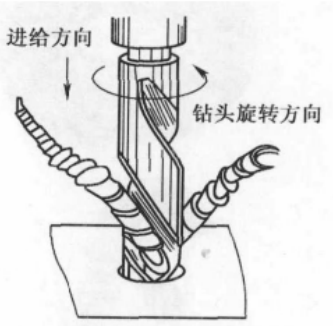


图 9-1　钻头及运动

在钻削时，由于钻头处于半封闭的加工环境中，切削余量大，细长的钻头刚性较差等因素，导致加工精度不高，尺寸精度一般为 IT10～IT11，表面粗糙度 $Ra \geqslant 12.5\mu m$，对于要求较高的孔，往往还要进行铰削加工。

一、项目基本技能

任务一　钻孔设备及工具的认知

1．认识钻床

（1）台式钻床

台式钻床主要用于加工ϕ12mm 以下的孔，台式钻床具有结构简单、操作方便等优点。图 9-2 所示为台式钻床的结构图。

台式钻床的调速是靠一对分别装于主、从动轴上的塔形皮带轮，通过改变 V 形皮带在皮带轮中的位置来实现转速调节的，如图 9-3 所示。台式钻床的速度调节一般有五级不同的转速（480～4100r/min）。台式钻床主轴下端为莫氏 2 号锥孔，用于安装钻夹头。

（2）立式钻床

立式钻床最大钻孔直径要比台式钻床大，根据钻床型号不同，最大钻孔直径也不同。图 9-4 所示为 Z525 立式钻床，其最大钻孔直径为 25mm。立式钻床主轴下端采用的是莫氏 3 号锥轴，用于安装钻头。立式钻床的调速是靠齿轮机构，由调速手柄调节，可调节 97～1360r/min 九种转速。另外，立式钻床还可实现自动进给，进给量调节范围为 0.1～0.81mm/r。

（3）摇臂钻床

摇臂钻床适用于加工中、大型零件，可以完成钻孔、扩孔、铰孔、锪平面、攻螺纹等工作。摇臂钻床结构如图 9-5 所示，它除了能实现主运动和进给运动外，还可以实现主轴箱沿

摇臂水平导轨的移动、摇臂沿丝杠的上下移动和摇臂绕内立柱 360° 旋转。

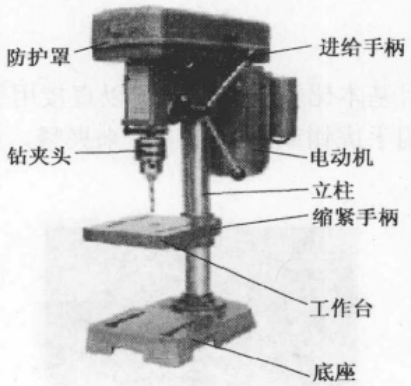


图 9-2　台式钻床结构图

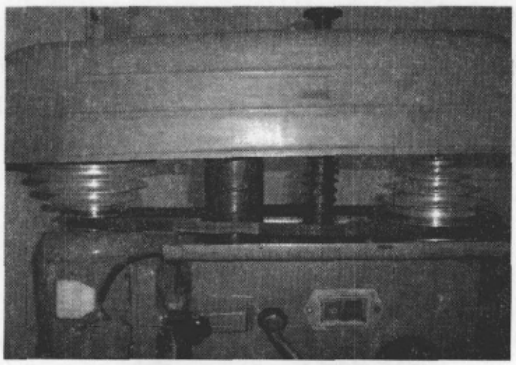


图 9-3　台式钻床调速机构

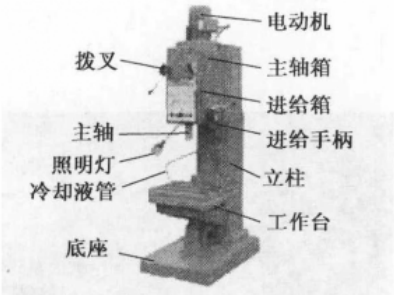


图 9-4　立式钻床结构图

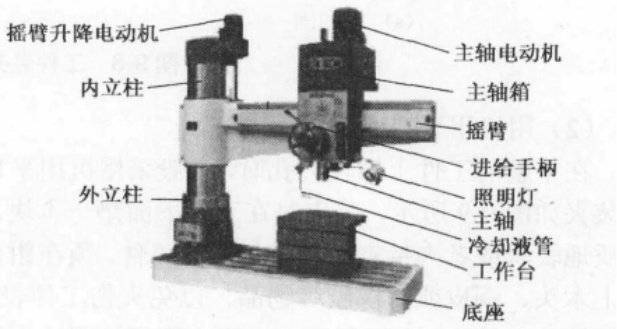


图 9-5　摇臂钻床结构图

2．钻头的装夹工具

（1）钻夹头（见图 9-6）

钻夹头是用来夹持尾部为圆柱体钻头的夹具。在钻夹头的 3 个斜孔内装有带螺纹的夹爪，夹爪螺纹和装载夹头套筒的螺纹相啮合。当钥匙上的小伞齿轮带动夹头套上的伞齿轮时，夹头套上的螺纹旋转，从而使三爪推出或缩入，用来夹紧或放松钻头。

注意：用钻夹头装卸钻头时，应用钥匙，不可用其他工具直接作用在钻夹头套上的伞齿轮牙上敲击，否则，易损坏钻夹头。

（2）钻头套

钻头套是用来装夹锥柄钻头的夹具，如图 9-7 所示。根据钻头锥柄莫氏锥度号选用相应的钻头套。当选用较小的钻头钻孔时，用一个钻头套有时不能直接与钻床主轴锥孔相配合，此时就要把几个钻头套配套使用。

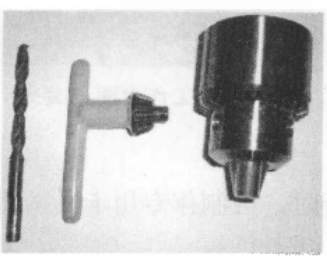


图 9-6　钻夹头

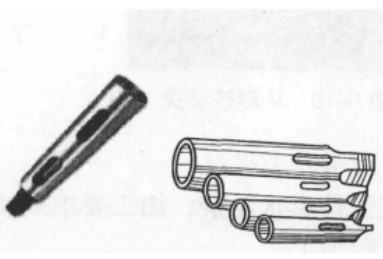


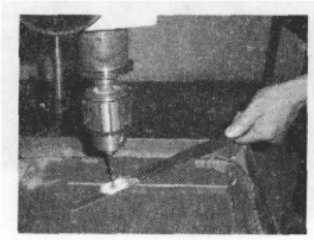
图 9-7　钻头套

钻头套共分 5 种，工作中应根据钻头锥柄莫氏锥度的号数，选用相应的钻头套。

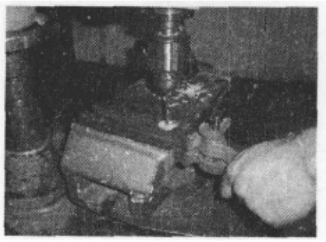
3．常用的工件装夹方法

（1）手握或用手虎钳夹持

如果工件能用手握住，如图 9-8（a）所示，而且基本比较平整时，可以直接用手握住工件进行钻孔；对于短小工件，用手不能握持时，可用手虎钳或小型台虎钳来夹紧，如图 9-8（b）所示。此种装夹方法仅用于钻 6mm 以下的小孔。



（a）手握工件



（b）手虎钳夹持

图 9-8　工件装夹方法

（2）用机用平口虎钳装夹

在平整的工件上钻较大孔时，一般采用机用平口虎钳装夹如图 9-9 所示，装夹时在工件下面垫一木块。对于质地较软或者夹持表面经过加工的工件，须在钳口处垫上木头、铜皮或者橡胶等物品，以免夹伤工件表面。如果钻的孔较大时，机用平口虎钳应用螺钉固定在钻床工作台面上。

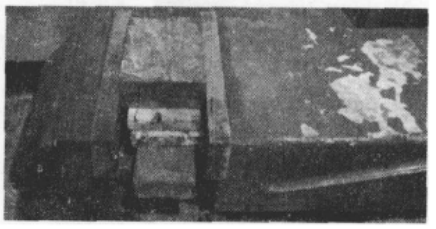


图 9-9　机用平口虎钳装夹

（3）用 V 形铁装夹

对于在套筒类或圆柱形工件表面钻孔，通常将其固定于 V 形铁上，并用压板夹紧，如图 9-10 所示。

（4）直接在钻床工作台面上装夹工件

钻床工作台面上都有 T 形槽，对于钻大孔或不适宜用机用平口虎钳装夹的工件，可直接用压板、螺栓把工件固定在钻床工作台面上进行加工，如图 9-11 所示。

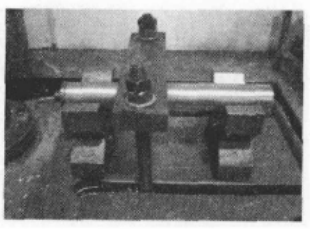


图 9-10　V 形铁装夹

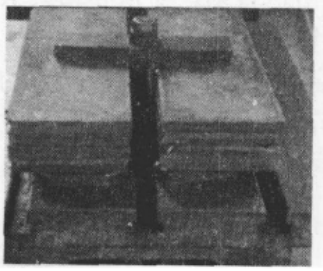


图 9-11　工作台面上装夹

（5）用专用卡具装夹

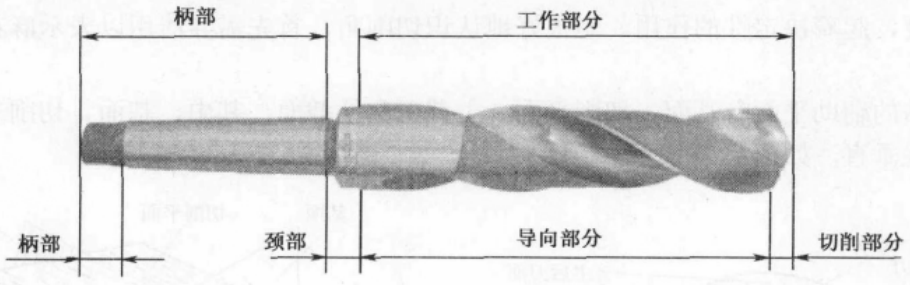
对于定位工件形状复杂、加工要求高或者成批量生产时，可制作专用卡具，将工件装于专用卡具上进行加工。

任务二　钻头及其刃磨

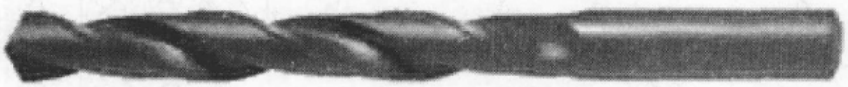
钻头是钻削加工的刀具。钻头的种类很多，如麻花钻、扁钻、深孔钻和中心钻等，本书只介绍麻花钻。

1．麻花钻的构成

如图 9-12 所示，麻花钻的工作部分像“麻花”形，因此得名。它有以下几部分组成。



（a）锥柄麻花钻



（b）直柄麻花钻

图 9-12　普通麻花钻

（1）柄部是钻头的夹持部分。在钻削过程中，经过装夹后，柄部用来定心和传递动力。根据普通麻花钻直径大小的不同，柄部可分为锥柄和直柄两种不同的形式，分别如图 9-12（a）和图 9-12（b）所示。一般锥柄用于直径≥13mm 的钻头，直柄用于直径＜13mm 的钻头。

（2）颈部是普通麻花钻在磨制加工时遗留的退刀槽。一般普通麻花钻的尺寸规格、材料以及商标都标刻在颈部。

（3）工作部分是用来切削加工的。它又可分为切削部分和导向部分。

① 切削部分。

普通麻花钻的切削部分由对称的两个刀瓣组成，每一个刀瓣就像一把外圆车刀一样，都具有切削作用。普通麻花钻的切削部分主要由五刃六面组成，如图 9-13 所示。所谓五刃是指两条主切削刃、两条副切削刃和一条横刃；所谓六面是指两个前刀面、两个主后刀面以及两个副后刀面。

a．主切削刃——前刀面与主后刀面之间的交线。

b．副切削刃——前刀面与副后刀面之间的交线。

c．横刃——两个主后刀面之间的交线。

d．前刀面——钻头切削加工时，切屑流经的表面，即在普通麻花钻上的两条螺旋槽表面。

e．主后刀面（即后刀面）——钻头切削部分顶部的两个面，在切削加工时，它们与工件上的过渡表面相对。

f．副后刀面——钻头切削加工时，与工件上的已加工表面相对的表面。

② 导向部分。

普通麻花钻的导向部分主要用来保持普通麻花钻在切削加工时的方向准确。

导向部分的两条螺旋槽主要起形成切削刃以及容纳和排除切屑的作用，同时也方便切削液沿螺旋槽流入至切削部位。

导向部分外缘的两条棱带（副后刀面），其直径在长度方向略有倒锥，倒锥量为每 100mm 长度内直径向柄部减小 0.05～0.1mm。目的在于减小钻头与孔壁之间的摩擦。当钻头进行重新刃磨以后，导向部分又逐渐转变为切削部分。

2．麻花钻的切削面

标准麻花钻的切削角度修磨得合理与否对提高麻花钻的切削能力、提高钻孔精度和减小表面粗糙度，起着决定性的作用。想很好地认识切削角，首先需弄清用以表示麻花钻角度的辅助平面。

麻花钻的辅助平面有基面、切削平面、主截面和柱截面，其中，基面、切削平面、主截面三者相互垂直，如图 9-14 所示。

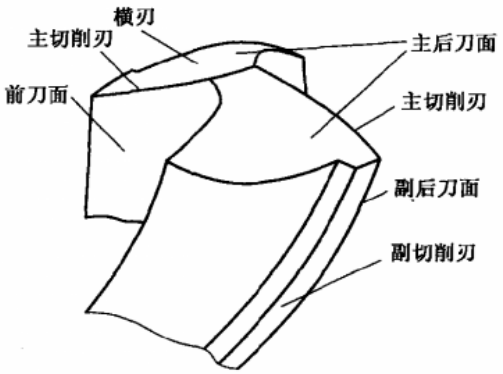


图 9-13　普通麻花钻的五刃六面

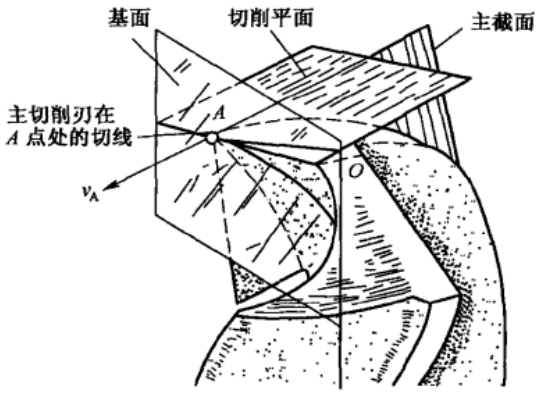


图 9-14　麻花钻的辅助平面

（1）基面

切削刃上任一点的基面是通过该点，而又与该点切削速度方向垂直的平面，实际上是通过该点与钻心连线的径向平面。由于麻花钻两主切削刃不是通过钻心，而是平行并错开一个钻心厚度的距离，因此，钻头主切削刃上各点的基面是不同的。

（2）切削平面

麻花钻主切削刃上任一点的切削平面，可理解为是由该点的切削速度方向与该点切削刃的切线所构成的平面。标准麻花钻主切削刃任一点的切线就是钻刃本身。

（3）主截面

通过主切削刃上任一点并垂直于切削平面和基面的平面。

（4）柱截面

通过主切削刃上任一点做与钻头轴线平行的直线，该直线绕钻头轴线旋转所形成的圆柱面的切面为柱截面。

3．标准麻花钻的切削角度

依据麻花钻切削刃、切削面，借助其辅助平面，我们可以较清晰地认识标准麻花钻的切削角度，如图 9-15 所示。

（1）前角 γ_0

在主截面内（如 N_1-N_1 或 N_2-N_2），前刀面与基面的夹角称为前角。麻花钻的前刀面是个螺旋

面，因此，沿主切削刃各点倾斜方向是不同的，从而造成主切削刃上各点的前角大小是不同的。靠近外缘处前角最大，自外缘向中心逐渐减小。在距钻心 $D/3$（D 为钻头直径）范围内为负值。前角大小决定切除材料的难易程度和切屑在前刀面上的摩擦力的大小，前角愈大，切削愈省力。

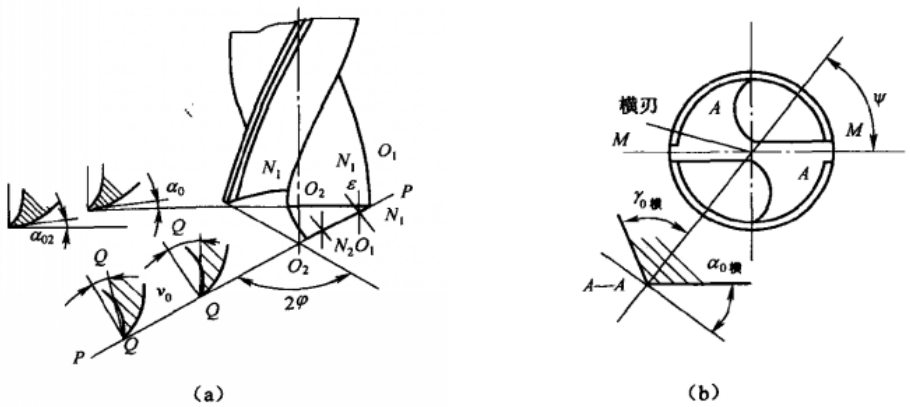


图 9-15　标准麻花钻的切削角度

（2）后角 α_0

在柱截面内，后刀面与切削平面之间的夹角称为后角。主切削刃上各点的后角也是不相等的，靠近外缘处后角小，愈靠近钻心后角愈大。后角大小影响后刀面与工件切削表面之间的摩擦程度，后角愈小，刀具强度愈高，但摩擦愈严重。因此，钻硬材料时，后角可适当小些，保证刀刃强度；钻软材料时，后角可大一些，钻削时省力；钻有色金属时，后角也不宜太大，否则可能会出现扎刀现象。

（3）顶角 2φ

麻花钻的顶角又称锋角或钻尖角，它是两主切削刃在其平行平面 M-M 上的投影之间的夹角。顶角的大小可根据加工条件由钻头刃磨时决定。标准麻花钻顶角 2φ=118° ±2°，这时两主切削刃呈直线形。顶角大小影响主切削刃轴向力的大小，顶角愈小，则轴向力愈小，外缘处的刀尖角 ε 增大，有利于散热和提高钻头耐用度。但顶角减小后，在相同条件下，钻头所受的扭矩增大，切屑变形加剧，排屑困难，会妨碍冷却液的进入。

（4）横刃斜角 ψ

横刃与主切削刃在钻头端面内的投影之间的夹角称横刃斜角。在刃磨钻头是会自然形成横刃斜角的，其大小与顶角及后角大小有关。标准麻花钻后角如果刃磨正确，横刃斜角 ψ 应在 50° ～55° 。如果后角偏大，横刃斜角 ψ 就偏小，横刃的长度会增加。

（5）刀尖角 ε

刀尖角是钻头的主切削刃与副切削刃在中截面 M-M 上的投影之间的夹角（如图 9-15（a）所示）。

4．标准麻花钻的缺点及修磨

（1）标准麻花钻的缺点

标准麻花钻的切削部分存在以下缺点。

① 横刃较长，横刃处前角为负值，在切削中，横刃实际上处于挤刮状态而不是在切削，因此产生很大轴向力，使钻头容易发生抖动，定心不良。

② 主切削刃上各点的前角大小不一样，致使各点的切削性能不同。特别是横刃处前角为

负值，处于一种刮削状态，切削性能差，会产生大的热量，磨损严重。

③ 主切削刃外缘处的刀尖角较小，前角很大，刀刃强度低，而此处的切削速度却最高，产生的切削热量最大，所以磨损极为严重。

④ 主切削刃很长，而各点切屑流出速度的大小和方向都相差很大，造成切屑的卷曲变形，容易堵塞容屑槽，排屑困难，同时冷却液也不易注入。

（2）标准麻花钻的修磨

由于标准麻花钻存在较多的缺点，为改善其切削性能，通常根据加工要求对标准麻花钻进行修磨。修磨方法如下。

① 修磨横刃

如图 9-16 所示，主要是磨短横刃长度，并增大靠近钻心处的前角，以减小轴向抗力和挤刮现象，改善定心作用。通常修磨横刃的长度为原来的 1/3～1/5，形成内刃。内刃斜角τ=20°～30°，内刃处前角γ_τ=0°～15°，切削性能得到改善。一般直径 5mm 以上的钻头均须修磨横刃。

② 修磨主切削刃

如图 9-17 所示，主要是磨出第二个顶角 $2\varphi_0$，形成过度刃 f_0，一般使其等于 $2\varphi_0$=70°～75°，f_0=0.2d。这样可以增加主切削刃的总长度，增大刀尖角ε，增加刀齿强度，提高切削刃与棱边交角处的抗磨性，改善散热条件，从而提高钻头使用寿命。同时对提高钻孔精度也有很大帮助。

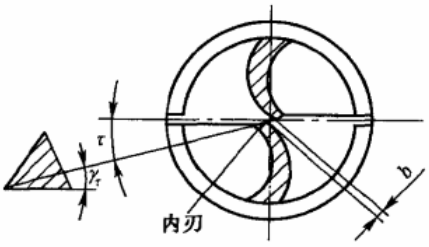


图 9-16　修磨横刃

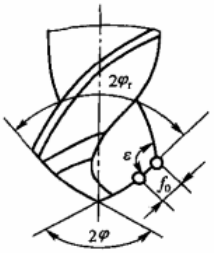


图 9-17　修磨主切削刃

③ 修磨棱边

如图 9-18 所示，在靠近主切削刃的一段棱边上，磨出角度值为 6°～8° 的副后角α_{01}，并使棱边的宽度为原来的 1/3～1/2，从而减少棱边对孔壁表面的的摩擦，提高钻头使用寿命。

④ 修磨前刀面

如图 9-19 所示，把主切削刃和副切削刃交角处的前刀面修磨去一块，减小此处的前角，可以提高刀齿的强度。同时。在钻削黄铜材料时，可以避免“扎刀”现象。

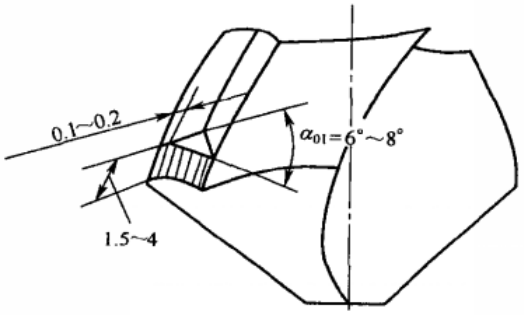


图 9-18　修磨棱边

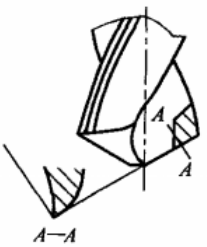


图 9-19　修磨前刀面

⑤ 修磨分屑槽

如图 9-20 所示，为使切屑变窄以利于排出，可在钻头的两个主后刀面上磨出几条互相错开的分屑槽，改善排屑。

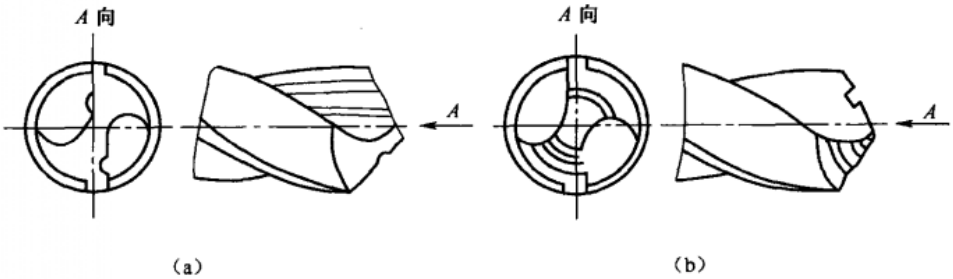


图 9-20　修磨分屑槽

5．标准麻花钻的刃磨

麻花钻经过一段时间的使用，切削刃、切削角等都会发生变化，影响切削效率和钻孔质量，需对钻头进行刃磨。刃磨时主要是刃磨两个主后刀面，同时要保证后角、顶角和横刃斜角正确。钻头刃磨的方法、步骤如下。

（1）钻头刃磨时应右手握住钻头的头部，左手握住柄部（见图 9-21）。

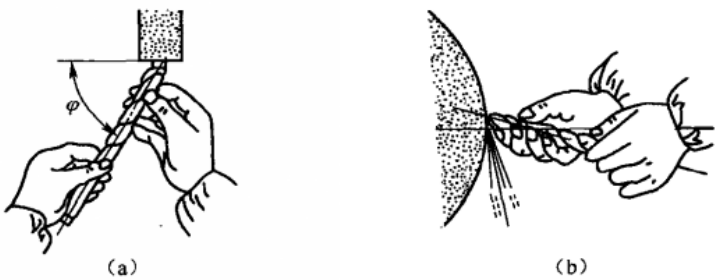


图 9-21　钻头刃磨时与砂轮的相对位置

（2）钻头刃磨时与砂轮的相对位置。如图 9-21（a）所示，钻头轴线与砂轮圆柱素线在水平面内的夹角等于钻头顶角 2φ 的一半，被刃磨部分的主切削刃处于水平位置。

（3）刃磨时应将主切削刃在略高于砂轮水平中心平面处先接触砂轮，见图 9-21（b），右手缓慢地使钻头绕自身轴线自下向上转动，同时施加适当的刃磨压力，以使整个后刀面都能磨到；左手配合右手做缓慢的同步下压运动，刃磨压力逐渐加大，便于磨出后角，其下压的速度及其幅度随所要求的后角大小而变。为保证钻头在靠近中心处磨出较大的后角，还应做适当的右移运动。刃磨时两手动作的配合要协调、自然。刃磨时还应注意保证两个主后刀面对称。

（4）修磨横刃。钻头轴线在水平面内与砂轮侧面左倾大约 15° 角，在垂直平面内与刃磨点的砂轮半径方向大约成 55° 下摆角，横刃的修磨方法如图 9-22 所示。

（5）钻头的冷却。刃磨钻头时压力不宜过大，并要经常蘸水冷却，以防止因过热而引起退火，使钻头的硬度降低。

6．标准麻花钻刃磨质量的检验

在刃磨钻头时，应不断地观察、检测，看是否符合要求。具体可从以下几个方面检验。

（1）钻头的两条主切削刃应对称

钻头的两条主切削刃若不对称，钻孔时容易产生孔扩大或孔偏斜等现象，同时对钻头的磨损也会加剧。为保证两主切削刃对称，在刃磨时应经常观察，方法是：把钻头的切削部分向上竖立，两眼平视，观察两主切削刃是否对称。但由于两主切削刃一前一后会产生视觉误差，往往感到前面的主切削刃略高于后面的主切削刃，所以要旋转 180° 后反复查看，如果经几次检验结果都一样，说明钻头两主切削刃是对称的。当然，检验两切削刃是否对称还可以利用检验样板进行检验（如图 9-23 所示）。

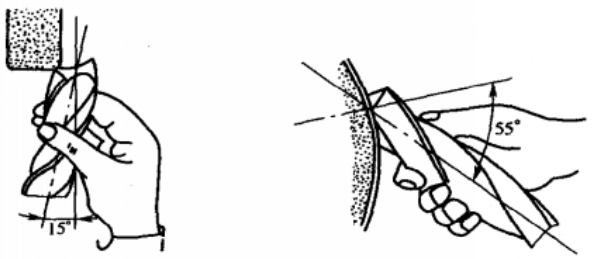


图 9-22　横刃的修磨方法

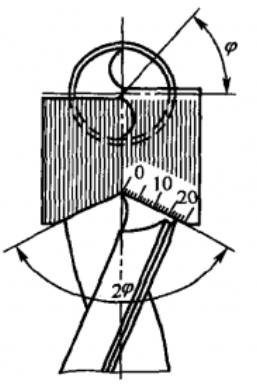


图 9-23　用检验样板进行检验主切削刃

（2）钻头的主要切削角应满足的要求

① 顶角 $2\varphi=118°\pm2°$

标准麻花钻的顶角为 118° 。顶角为 118° 时，两主切削刃是直线；大于 118° 时，主切削刃呈凹形曲线；小于 118° 时，主切削刃呈凸形曲线，我们可以以此来目测判断顶角大小。同时，检验两切削刃是否对称还可以利用检验样板进行检验，方法如图 9-23 所示。

② 外缘出的后角 $\alpha_0=10°\sim14°$

③ 横刃斜角 $\psi=50°\sim55°$

（3）对于两个主后刀面，要求要刃磨光滑

任务三　铰孔设备及工具的认知

1．手动铰削工具——铰杠

铰杠是手工铰孔的工具，图 9-24 所示为一种活动式铰杠。将铰刀柄尾部方榫夹在铰杠的方孔内，扳动铰杠使铰刀旋转。这种铰杠的方孔是可以调节的，以适合于夹持不同尺寸的铰刀方头。

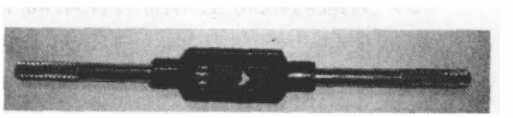


图 9-24　铰杠

2．机动铰削设备——钻床

见前文钻孔加工所述。

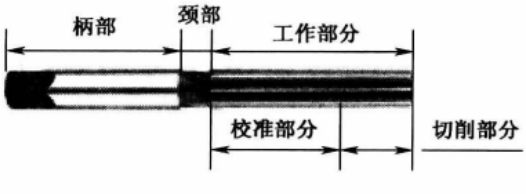
任务四　铰刀的认知

铰刀种类很多，常见的铰刀如下。

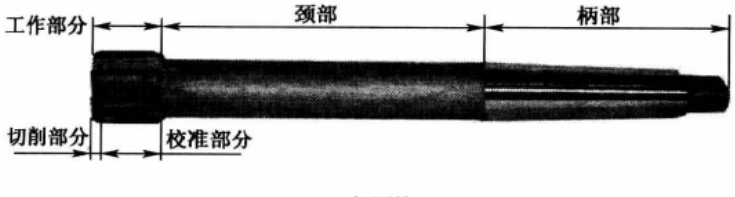
1．整体式圆柱铰刀

整体式圆柱铰刀有手用铰刀和机用铰刀两种，如图 9-25 所示。铰刀由工作部分、颈部和

柄部 3 部分组成，其中，工作部分又分为切削部分与校准部分。



（a）手用铰刀



（b）机用铰刀

图 9-25　铰刀

2．可调式手用铰刀

整体式圆柱铰刀主要用来铰削标准直径系列的孔。在单件生产和修配工作中需要铰削少量的非标准孔，则应使用可调式手用铰刀，如图 9-26 所示。

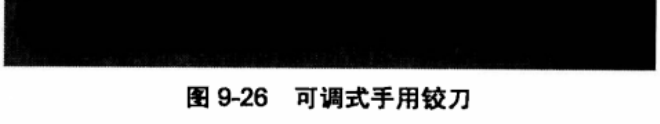


图 9-26　可调式手用铰刀

3．锥铰刀

锥铰刀用于铰削圆锥孔，如图 9-27 所示。

4．螺旋槽手用铰刀

因为带有键槽的孔键槽易把铰刀刃卡住，所以此种铰刀常用于铰削带有键槽的孔，如图 9-28 所示。螺旋槽手用铰刀的螺旋槽旋向一般是左旋的。



图 9-27　锥铰刀

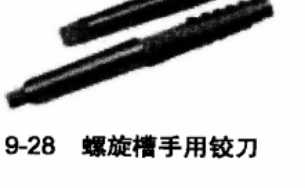


图 9-28　螺旋槽手用铰刀

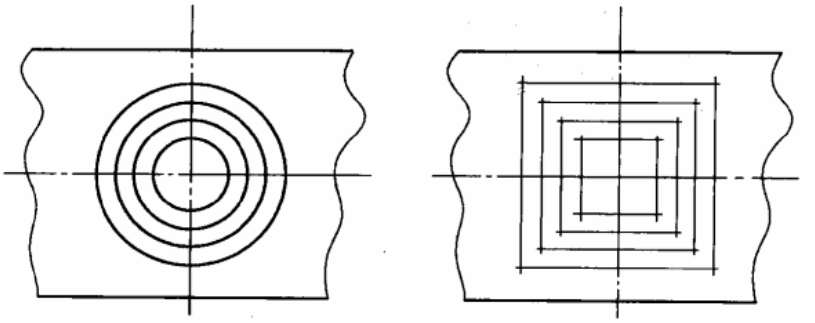
二、项目基本知识

知识点一　钻孔的步骤和方法

1．钻孔前的划线、打样冲眼

根据前面所学划线的知识，用划针或高度尺刃口划线，然后用样冲打出样冲眼。为便于在钻

孔时检查和找正钻孔的位置，可以按加工孔的直径大小划出孔的圆周线；对于孔径较大的孔，需几次钻出的，可以划出几个大小不等的检查圆或检查方框，以便钻孔时校正。如图 9-29 所示。



（a）检查圆　　（b）检查方框

图 9-29　孔的检查线

2．装夹工件

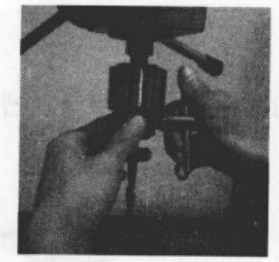
根据工件的大小、形状，需加工孔的直径大小及所用钻床，选用合适的装夹方法。图 9-30 所示是用机用平口虎钳装夹的方法。



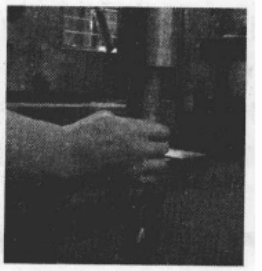
图 9-30　装夹工件

3．装夹钻头

直柄钻头用钻夹头夹持。方法是先将钻头柄部塞入夹头三爪卡内，然后用钻夹头钥匙旋转外套，使三只卡爪移动，加紧钻头。对于锥柄钻头，应用莫氏锥度直接与钻床主轴连接，当锥度不合适时，可用过渡钻套来调节。装夹钻头如图 9-31 所示。



（a）直柄钻头的装夹



（b）锥柄钻头的装夹

图 9-31　装夹钻头

4．选取钻削用量

（1）钻削用量

钻削用量主要有切削速度、进给量和背吃刀量，如图 9-32 所示。

① 切削速度

切削速度是指钻孔时钻头直径上任一点的线速度，用符号“v”表示。其计算公式为：

$$v=\pi Dn/1000$$

式中，D——钻头直径，单位为 mm；

n——钻床主轴转速，单位为 r/min；

v——切削速度，单位为 m/min。

② 进给量

进给量是指主轴每转一转，钻头对工件沿主轴轴线的相对移动量。用符号“f”表示，单位为 mm/r。

③ 切削深度

切削深度指工件上已加工表面与待加工表面之间的垂直距离，也可以理解成是一次走到所能切下的金属层厚度，用符号“a_p”表示。对钻削来说，切削深度可按以下公式计算：

$$a_p=D/2$$

式中，D——钻头直径，单位为 mm。

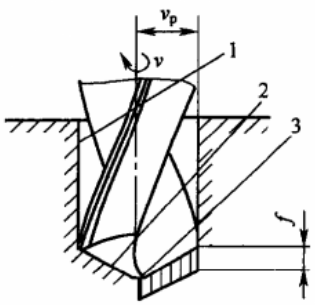


图 9-32　钻削用量选取

（2）钻削用量的选择原则

选择钻削用量的目的是在保证加工精度和表面质量以及刀具合理使用寿命的前提下，尽可能使生产率最高，同时又不允许超过机床的功率和机床、刀具及工件等的强度和刚度。

钻孔加工时，由于切削深度已由钻头直径所决定，所以只需要选择切削速度和进给量即可。

对钻孔生产率的影响，切削速度 v 和进给量 f 是相同的；对孔的表面粗糙度的影响，进给量 f 比切削速度 v 大；对钻头寿命的影响，切削速度 v 比进给量 f 大。所以，综合以上的影响因素，钻孔时选择切削用量的基本原则是：在允许的范围内，尽量先选较大的进给量 f，当进给量 f 受到表面粗糙度和钻头刚度的限制时，可考虑选择较大的切削速度 v。

（3）钻削用量的选择方法

① 切削深度的选择

在钻孔过程中，可根据实际情况选择。一般直径小于 30mm 的孔可一次钻出；直径为 30～80mm 的，可先用（0.5～0.7）D（D 为工件的孔径）的钻头钻底孔，然后用直径为 D 的钻头将孔进行扩大。这样可以减小切削深度以及轴向力，保护机床，同时还可以提高钻孔质量。

② 进给量的选择

孔的加工精度要求较高以及表面粗糙度值要求较小时，应选取较小的进给量；钻孔深度较深、钻头较长、钻头的刚度和强度较差时，也应选取较小的进给量。以高速钢钻头为例，进给量可参考表 9-1。

表 9-1　　高速钢标准麻花钻的进给量

钻头直径（mm）	<3	3～6	6～12	12～25	25
进给量（mm/r）	0.025～0.05	0.05～0.10	0.10～0.18	0.18～0.38	0.38～0.62

③ 钻削速度的选择

当钻头直径和进给量确定后，钻削速度应按照钻头的寿命选取合理的数值。当钻孔的深度较深时，应选取较小的切削速度。具体可查阅相关手册。

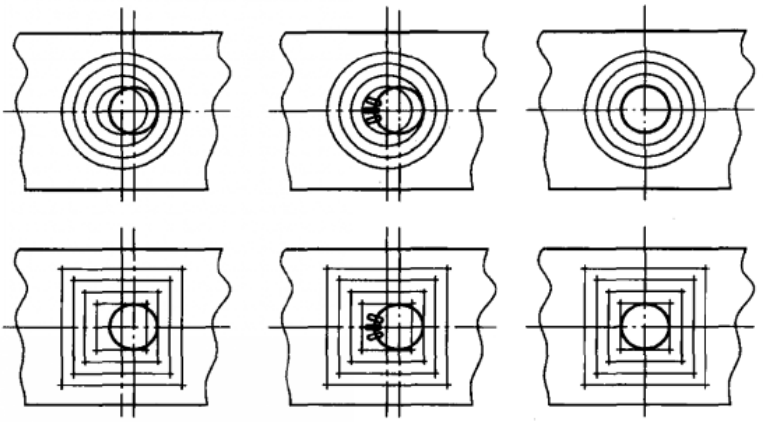


图 9-33　试钻

5．试钻

钻孔时，先使钻头对准钻孔中心起钻出一个浅坑，观察钻孔位置是否正确（如图 9-33 所示），并不断校正，使浅坑与划线圆同轴。试钻偏位的校正方法，如图 9-34 所示，如果偏位较少，可在起钻的同时用力将工件向偏位的相反方向推移，达到逐步校正的目的；如

果偏位较多，可在校正的方向上打上几个样冲眼或用油槽錾錾出几条槽，以减小此处的钻削阻力，达到校正的目的。



（a）试钻痕迹　（b）孔位校正　（c）钻孔

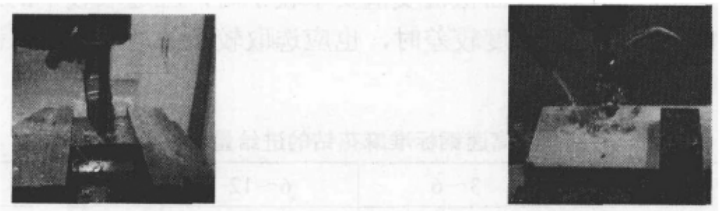
图 9-34　试钻时偏位的校正

6．钻削、加切削液

当钻孔位置符合要求后，按上述第 4 步中所选取的切削用量进行切削。

钻削时注意加切削液，其作用主要有 3 点。冷却作用：切削液能带走大量的切削热，从而降低切削温度，延长刀具的使用寿命，同时能有效地提高生产率；润滑作用：切削液能减小摩擦，降低切削力和切削热，减少刀具磨损，提高加工表面质量；清洗作用：切削液能及时冲洗掉切削过程中产生的细小切屑，以免影响工件表面质量和机床精度。常用的切削液主要有水溶性切削液和油溶性切削液两种。

钻削时加冷削液的方法如图 9-35 所示。对于台钻等没有冷却泵和冷却液输送管的钻床，可用毛刷蘸取冷却液进行冷却。



（a）手工加冷却液　（b）冷却液输送管加冷却液

图 9-35　钻削时加冷却液

7．起钻

钻孔达到要求后，应将钻头抬起，停机，如图 9-36 所示。

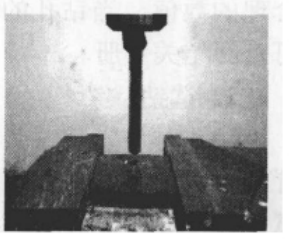


图 9-36　起钻

8．卸钻头

直柄钻头用钻夹头钥匙将钻头卸下，钻夹头钥匙旋转方向与装夹时相反。锥柄钻头用斜铁进行拆卸，如图 9-37 所示。注意，卸钻头前应先停机。

9．卸工件

用扳手松开机用平口钳，取出加工好的工件，如图 9-38 所示。



（a）直柄钻头的拆卸



（b）锥柄钻头的拆卸

图 9-37　钻头的拆卸

10．清扫工作台

用毛刷清理机用平口钳及钻床工作台上的铁屑，如图 9-39 所示。



图 9-38　卸工件



图 9-39　清扫工作台

知识点二　钻孔注意事项

（1）操作钻床时要做好安全防护，不可戴手套，袖口必须扎紧，女工必须戴工作帽。

（2）钻头和工件都必须装夹紧，特别在小工件上钻削较大直径的孔时装夹必须牢固，孔将钻穿时，要尽量减小进给力。

（3）钻通孔时必须使钻头能通过工作台台面上的让刀孔，或在工件下面垫上垫铁，以免钻坏工作台台面。

（4）开动钻床前，应检查是否有钻夹头钥匙或斜铁插在钻轴上。

（5）钻孔时不可用手和棉纱或用嘴吹来清除切屑，必须用毛刷清除，钻出长条切屑时，应用铁钩钩断后再清除。

（6）钻削时，操作者的头部不准与旋转着的主轴靠得太近，停车时应让主轴自然停止，不可用手去扶，也不能用反转制动。

（7）钻通孔时，当快要钻头时，应减小进给力。

（8）严禁在开车状态下装拆工件。检验工件和变换主轴转速必须在停车状况下进行。

（9）在使用过程中，钻床工作台面必须保持清洁。使用完毕后，必须将机床外露滑动面及工作台台面擦干净，并对各滑动面及各注油孔加注润滑油。清洁钻床或加注润滑油时必须切断电源。

（10）熟悉钻孔时常会出现的问题及其产生的原因，如表 9-2 所示，以便在钻削时注意。

表 9-2　　熟悉钻孔时常出现的问题及其产生的原因

序号	出现问题	产生原因
1	孔大于规定尺寸	（1）钻头两切削刃长度不等，高低不一致孔大于规定尺寸 （2）钻床主轴径向偏摆或工作台未锁紧有松动 （3）钻头本身弯曲或装夹不好，使钻头出现过大的径向圆跳动

续表

序号	出现问题	产生原因
2	孔壁粗糙	（1）钻头不锋利 （2）进给量太大，孔壁粗糙 （3）切削液选用不当或供应不足 （4）钻头过短，排屑槽堵塞
3	孔位偏移	（1）工件划线不正确，孔位偏移 （2）钻头横刃太长、定心不准 （3）起钻过偏，没有校正
4	孔歪斜	（1）工件与孔垂直的平面与主轴不垂直或钻床主轴与台面不垂直 （2）工件安装时，安装接触面上的切屑未清除干净孔歪斜 （3）工件装夹不牢，钻孔时产生歪斜或工件有砂眼 （4）进给量过大使钻头产生弯曲变形
5	钻孔呈多角形	（1）钻头后角太大，钻孔呈多角形 （2）钻头两主切削刃长短不一，角度不对称
6	钻头工作部分折断	（1）钻头用钝后仍继续钻孔 （2）钻孔时未经常退钻排屑，使切屑在钻头螺旋槽内阻塞 （3）孔将要钻通时没有减小进给量 （4）进给量过大 （5）工件未夹紧，钻孔时产生松动 （6）在钻黄铜一类软金属时，钻头后角太大，前角又没有修磨小，造成扎刀
7	切削刃迅速磨损或碎裂	（1）切削速度太高 （2）没有根据材料硬度来刃磨钻头角度 （3）工件表面或内部硬度高或有砂眼 （4）进给量过大 （5）切削液供应不足

知识点三　铰削量

铰削用量包括铰削余量、切削速度和进给量。

1．铰削余量 $2a_p$

铰削用量指的是上道工序（钻孔或扩孔）完成后留下的直径方向的加工余量。在铰削加工时，铰削余量不宜过大，因为铰削余量过大，会使每个刀齿切削负荷增大，变形增大，切削热增加，铰刀直径胀大，被加工表面呈撕裂状态，尺寸精度降低，表面粗糙度值增大，并加剧铰刀磨损。

铰削余量也不宜太小。否则，上道工序残留的变形难以纠正，原有刀痕不能去除，铰削质量达不到要求。

选择铰削余量时，应考虑到孔径大小、材料软硬程度、尺寸加工精度、表面粗糙度要求及铰

刀的类型等因素的综合影响。用普通标准高速钢铰刀铰孔时，可参考表 9-3 选取铰削余量。

表 9-3　　铰削余量参考值（mm）

铰孔直径	<5	5～20	21～32	33～50	51～70
铰削余量	0.1～0.2	0.2～0.3	0.3	0.5	0.8

2．机铰切削速度 v

为了到较小的表面粗糙度值，避免产生刀瘤，减少切削热及变形，应采取较小的切削速度。用高速钢铰刀铰钢件时，速度 v=4～8m/min；铰削铸铁时，速度 v =6～8m/min；铰削铜件时，速度 v =8～12m/min。

3．机铰进给量 f

机铰钢件及铸铁件时，进给量 f=0.5～1mm/r；机铰铜件、铝件时，进给量 f=1～1.2mm/r。

知识点四　铰孔时的冷却润滑

铰削时必须用适当的冷却润滑液来减少摩擦、降低工件和铰刀温度，防止产生刀瘤，及时带走粘附在铰刀和孔壁上的切屑细末，从而使孔表面光洁，并减少孔径扩张量。铰孔时切削液的选用见表 9-4。

表 9-4　　铰孔时的切削液

加工材料	切削液
钢	（1）10%～20%乳化液 （2）铰孔要求高时，采用 30%菜油加 70%肥皂水 （3）铰孔的要求更高时，可用菜油、柴油、猪油等
铸铁	（1）煤油，但会引起孔径缩小，最大缩小量达 0.02～0.04mm （2）低浓度的乳化液 （3）也可不用切削液
铝	煤油
铜	乳化液

知识点五　铰孔的步骤和方法

1．手工铰孔铰削的操作方法

① 将手用铰刀装夹在铰杠上，如图 9-40 所示。

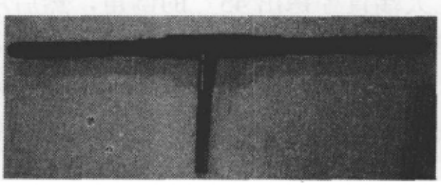


图 9-40　装夹手用铰刀

② 起铰。在手用铰刀铰削前，可采用单手对铰刀施加压力，所施压力必须通过所铰孔的轴线，同时转动铰刀起铰，起铰方法如图 9-41 所示。

③ 铰削。正常铰削时，两手用力要均匀、平稳，不得有侧向压力，同时适当加压，使铰刀均匀地进给，以保证铰刀正确切削，获得较低的表面粗糙度值，并避免孔口形成喇叭形或将孔径扩大。铰削方法如图 9-42 所示。在铰削时根据表 9-4 选加切削液。

④ 铰刀铰孔或退出铰刀时，铰刀均不能反转，以防止刃口磨钝或将切屑嵌入刀具后刀面与孔壁之间，将孔壁划伤。退铰方法要按铰削方向边旋转边向上提起铰刀，如图 9-43 所示。



图 9-41　起铰



图 9-42　铰削

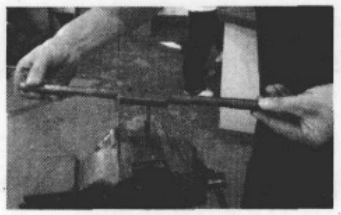


图 9-43　退铰

2．机铰（详细步骤略，参考其他教材）

知识点六　铰孔注意事项

1．手工铰孔应注意的事项

① 工件装夹位置要正确，应使铰刀的中心线与孔的中心线重合。对薄壁工件夹紧力不要过大，以免将孔夹扁，铰削后产生变形。

② 铰削进给时，不要用过大的力压铰杠，而应随着铰刀的旋转轻轻地对铰杠加压，使铰刀缓慢地引伸进入孔内，并均匀地进给，以保证孔的加工质量。

③ 注意变换铰刀每次停歇的位置，以消除铰刀在同一处停歇所造成的振痕。

④ 铰削钢料工件时，切屑碎末容易粘附在刀齿上，应经常清除。

⑤ 铰削过程中，如果铰刀被切屑卡住时，不能用力扳转铰手，以防损坏铰刀。应想办法将铰刀退出，清除切屑后，再加切削液，继续铰削。

⑥ 铰削时应选择适当的切削液，减少摩擦并降低刀具和工件的温度。

2．机动铰孔应注意的事项

略。

3．圆锥孔的铰削

① 铰削尺寸较小的圆锥孔。先按圆锥孔小端直径并留铰削余量钻出圆柱孔，孔口按圆锥孔大端直径锪出 45° 的倒角，然后用圆锥铰刀铰削。在铰削过程中一定要及时的用精密配锥（或圆锥销）试深控制尺寸（见图 9-44）。

② 铰削尺寸较大的圆锥孔。铰孔前先将工件钻出阶梯孔（见图 9-45）。阶梯个数可根据圆锥孔锥度确定，阶梯孔的最小直径按锥孔小端直径确定，并留有铰削余量。

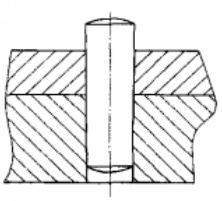


图 9-44　用圆锥销检查铰孔尺寸

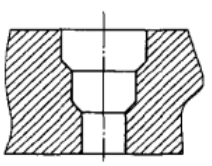


图 9-45　预钻阶梯孔

4．铰孔时常见的问题及产生原因

熟悉铰孔时常见的问题及产生原因，如表 9-5 所示，在加工时注意。

表 9-5　　铰孔时常见的问题及产生原因

序号	出现问题	产生原因
1	加工表面粗糙度值大	（1）铰孔余量太大或太小 （2）铰刀切削刃不锋利，刃口崩裂或有缺口 （3）没使用切削液或用不适当的切削液 （4）铰刀退出时反转或手铰时铰刀旋转不平稳 （5）切削速度太高产生刀瘤，或切削刃上粘有切屑 （6）容屑槽内切屑堵塞
2	孔呈多角形	（1）铰削量太大，铰刀振动 （2）铰孔前钻孔不圆，铰刀发生弹跳现象
3	孔径缩小	（1）铰刀磨损 （2）铰铸铁时加煤油 （3）铰刀已钝
4	孔径扩大	（1）铰刀中心线与钻孔中心线不同轴 （2）铰孔时两手用力不均匀 （3）铰削钢件时没有加切削液 （4）进给量与铰削余量过大 （5）机铰时，钻轴摆动太大 （6）切削速度太高，铰刀热膨胀 （7）操作粗心、铰刀直径大于要求尺寸 （8）铰锥孔时，没及时用圆锥销检查

项目学习评价

一、思考练习题

（1）简述标准麻花钻的各切削角度，讲出各切削角度起什么作用。
（2）标准麻花钻在结构上有哪些缺点？对钻削会造成哪些不良影响？该如何修磨？
（3）钻削时的主运动和进给运动各是什么？
（4）什么是钻削用量？如何选择钻削用量？
（5）在钻削时为什么要加切削液？如何选用切削液？
（6）试钻时如果发生了偏位，如何纠正？
（7）钻削时要注意哪些事项？
（8）什么是标准麻花钻的刃磨？如何刃磨？怎样检验刃磨质量？
（9）铰削用量包括哪些？如何确定？
（10）简述铰削的操作步骤。并说明在铰削时要注意哪些事项。

二、自我评价、小组互评及教师评价

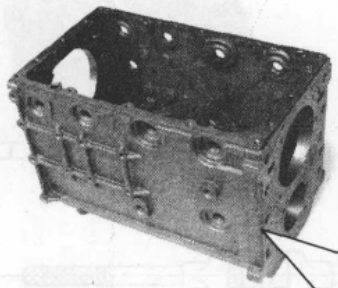
评价方面	项目评价内容	分值	自我评价	小组互评	教师评价	得分
理论知识	① 熟知标准麻花钻的结构，能迅速判断出普通麻花钻切部分的五刃六面成及切削角度	10				
	② 会判断标准麻花钻的刃磨质量	10				
	③ 掌握钻削用量的选取方法、原则	10				
	④ 掌握铰削用量的选取方法、原则	10				
实操技能	① 能正确使用钻床，重点是台钻和摇臂钻的操作方法；掌握一般的钻孔方法步骤，对深孔加工有一定的了解	20				
	② 掌握标准麻花钻的修磨方法	10				
	③ 掌握整体式圆柱铰刀的使用方法，并能用它进行铰孔，对可调式铰刀和圆锥铰刀的使用有初步的了解	20				
学习态度	① 学习努力	5				
	② 学习技能时积极肯干	5				
安全文明生产	按规范进行操作					

三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

项目十　螺纹的加工

项目情境创设







减速机箱体上的螺纹孔、螺柱、用于连接的自来水管道上都有螺纹，这些螺纹经常由钳工完成。那么钳工如何加工螺纹孔（内螺纹）、螺柱（外螺纹）呢？用到什么工具设备呢？具体操作步骤和注意事项是什么呢？本项目重点介绍一下攻丝（加工内螺纹）和套丝（加工外螺纹）的加工方法。





项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 掌握攻丝的步骤和方法 ② 掌握套丝的步骤和方法	现场实操教学	2
知识目标	① 掌握攻螺纹前底孔直径和不通孔深度的确定 ② 掌握套丝前工件圆杆直径的确定 ③ 能对攻丝质量进行分析 ④ 能对套丝质量进行分析	讲授、实例分析	4

项目基本功

一、项目基本技能

任务一　攻丝设备及工具的认知

用丝锥在工件孔中切削出内螺纹的加工方法称为攻丝。常用的攻丝、套丝工具箱如图 10-1 所示。

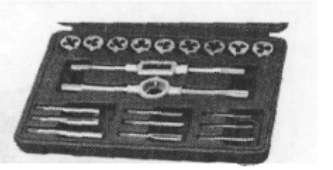
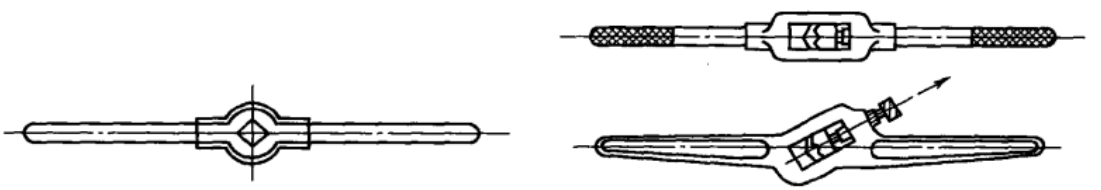


图 10-1　常用的攻丝、套丝工具箱

（1）手工攻丝

常用手工攻丝工具是铰杠，有普通铰杠和丁字铰杠之分，普通铰杠如图 10-2 所示。

① 普通铰杠



（a）固定式普通铰杠　　（b）可调式铰杠

图 10-2　普通铰杠

固定式普通铰杠孔尺寸是固定的，使用时要根据丝锥尺寸的大小，来选择不同规格的铰杠。这种铰杠制造方便，成本低，多用于 M5 以下的丝锥。

可调式铰杠的方孔尺寸可以调节，因此应用范围广。常用可调式铰杠的柄长有 150～600mm 6 种规格，以适应不同规格的丝锥，如表 10-1 所示。

表 10-1　　可调式铰杠的规格

可调式铰杠的规格（咖）（mm）	150	225	275	375	475	600
适用的丝锥范围	M5～M8	M8～M12	M12～M14	M14～M16	M16～M22	M24 以上

② 丁字铰杠

丁字铰杠适用于攻制工件台阶旁边或攻制机体内部的螺纹。丁字铰杠也有固定式和可调式两种，如图 10-3 所示。

可调式丁字铰杠是通过一个四爪的弹簧夹头来夹持不同尺寸的丝锥，一般用于 M6 以下的丝锥。

（2）机工攻丝

机工攻丝一般在钻床上完成，要用丝锥夹头来装夹丝锥和传递攻螺纹转矩。常用有以下两种：快换夹头和丝锥夹头，如图 10-4 所示。

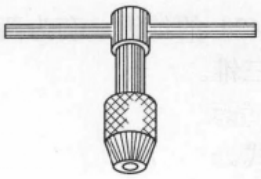


图 10-3　固定式丁字铰杠



（a）快换夹头　　（b）丝锥夹头

图 10-4　机工攻丝丝锥夹头

任务二　丝锥的结构

丝锥是加工内螺纹的刀具，其结构如图 10-5 所示。

1．丝锥的结构

丝锥由工作部分和柄部组成，其中，工作部分又分为切削部分和校准部分，对于手用丝锥，柄部的方榫是用来夹持的。如图 10-5 所示。

丝锥的切削部分的前角一般为γ_0=8°～10°，后角为α_0=6°～8°，起切削作用。丝锥的校准部分像标准螺纹一样有完整的牙型，用来修光和校准已切除的螺纹，并引导丝锥沿轴向前进。丝锥校准部分的大径、中径、小径均有（0.05～0.12）/ 100 的倒锥，以减小与螺孔的摩擦，从而减小所攻螺孔的扩张量。

为了排屑方便，丝锥上开有容屑槽，如图 10-6 所示。为了制造和刃磨方便，丝锥的容屑槽一般做成直的。为了控制排屑方向，丝锥的容屑槽制成螺旋形的。加工不通孔螺纹时，容屑槽制成右螺旋形的，加工时切屑向上排出；加工通孔螺纹时，容屑槽制成左螺旋形的，加工时切屑向下排出。

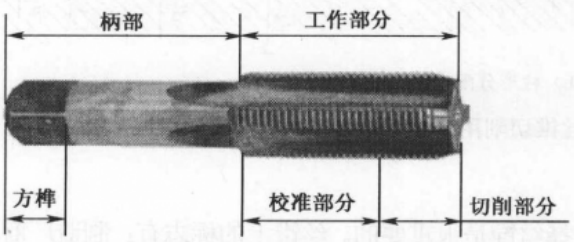
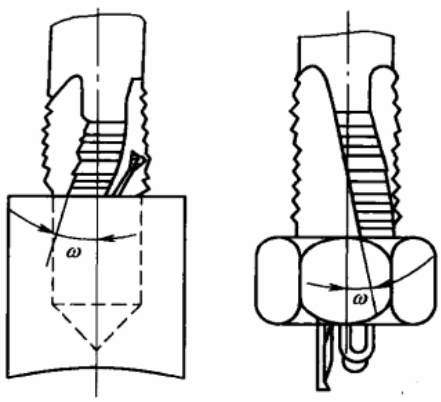


图 10-5　丝锥结构



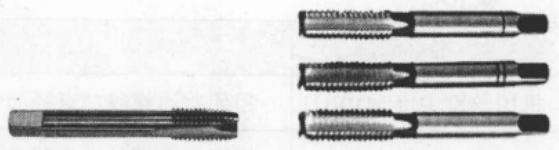
（a）右旋型　　（b）左旋型

图 10-6　丝锥螺旋容屑槽

2．丝锥的分类

丝锥可分为机用丝锥和手用丝锥两类，如图 10-7 所示。机用丝锥通常由高速钢制成，一般是单独一支。手用丝锥由碳素工具钢或合金工具钢制成，一般由两支或者三支组成一组。

对于成组丝锥，为了减少切削力和延长其使



（a）机用丝锥　　（b）手用丝锥（成组）

图 10-7　丝锥的分类

用寿命，一般将整个切削量分配给几支丝锥承担。通常 M6～M24 的丝锥一套为两支，称头锥、二锥；M6 以下及 M24 以上一套有三支，即头锥、二锥和三锥。

3．成组丝锥切削量的分配方式

成组丝锥切削量的分配方式有锥形分配和柱形分配两种形式。

（1）锥形分配

如图 10-8（a）所示，一组丝锥中，每支丝锥的大径、中径、小径都相等，只是切削部分的切削锥角及长度不等，这种锥形分配切削量的丝锥也叫等径丝锥。当攻通孔螺纹时，用头锥可一次切削完成，其他丝锥用得则较少。由于头锥可一次攻削完成，切削厚度大，切屑变形严重，加工的表面粗糙度差。同时，头锥丝锥的磨损相比也较严重，一般 M12 以下丝锥采用锥形分配。

（2）柱形分配

如图 10-8（b）所示，柱形分配切削量的丝锥也叫不等径丝锥，即头锥、二锥的大径、中径、小径都比三锥小。头锥的大径小，二锥的大径大，切削量分配比较合理，各锥磨损量差别小，使用寿命长。三锥参加少量的切削，所以加工出的表面粗糙度较好。一般 M12 以上的丝锥采用。

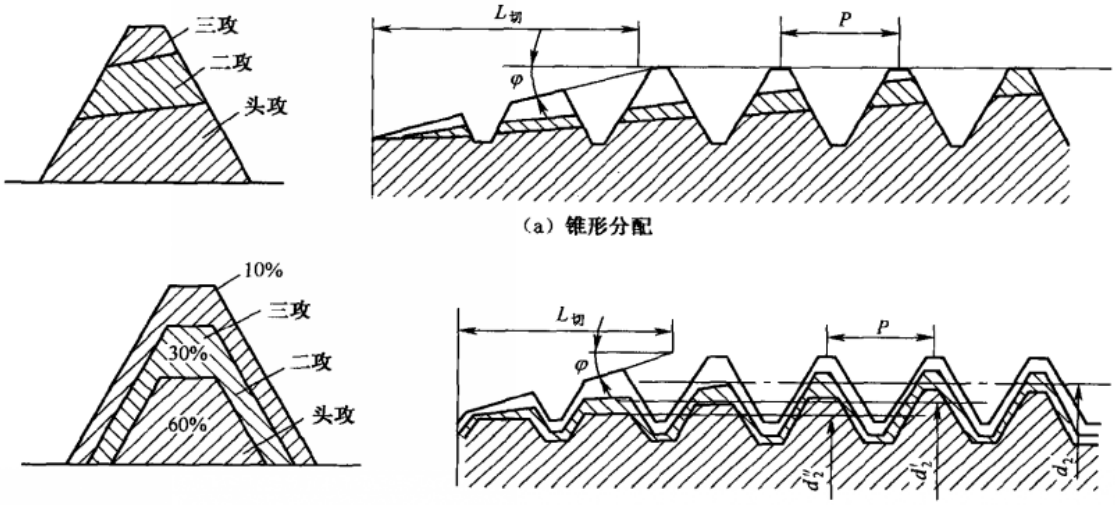


图 10-8　成组丝锥切削用量的分配

4．丝锥标志

每一种丝锥都有相应的标志，对正确使用选择丝锥是很重要的。丝锥上的标志有：制造厂商、螺纹代号、丝锥公差带代号、材料代号、不等径成组丝锥的粗锥代号等内容。详见表 10-2。

表 10-2　　丝锥标志

丝锥标志	说　明
机用丝锥中锥 M10-H1	粗牙普通螺纹、直径为 10mm、螺距为 1.5mm、公差带为 H1、单支中锥机用丝锥
机用丝锥 2-M12-H2	粗牙普通螺纹、直径为 12mm、螺距为 1.75mm、公差带为 H2、两支一组等径机用丝锥

续表

丝锥标志	说明
机用丝锥（不等径）2-M27-H1	粗牙普通螺纹、直径为 27mm、螺距为 3 mm、公差带为 H1、两支一组不等径机用丝锥
手用丝锥中锥 M10	粗牙普通螺纹、直径为 10mm、螺距为 1.5mm、公差带为 H4、单支中锥手用丝锥
长柄机用丝锥 M6-H2	粗牙普通螺纹、直径为 6mm、螺距为 1mm、公差带为 H2、长柄机用丝锥
短柄螺母丝锥 M6-H2	粗牙普通螺纹、直径为 6mm、螺距为 1mm、公差带为 H2、短柄螺母丝锥
长柄螺母丝锥 I-M6-H2	粗牙普通螺纹、直径为 6mm、螺距为 1mm、公差带为 H2、I 型长柄螺母丝锥

任务三　套丝工具的认知

1．板牙

（1）圆板牙（见图 10-9）

圆板牙外形像一个圆螺母，由切削部分、校准部分、排屑孔组成。圆板牙外圆柱面上分布着若干个用于装卡螺钉或调整螺钉的锥孔。圆板牙两端的切削部分是一样的，一段磨损后，可换另一端使用。

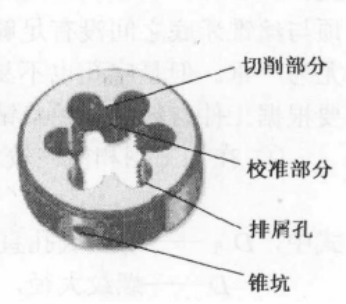
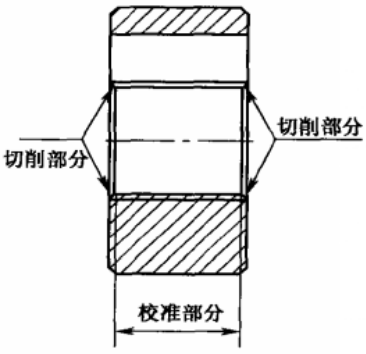


图 10-9　圆板牙

（2）管螺纹板牙

管螺纹板牙分圆柱管螺纹板牙和圆锥管螺纹板牙。

圆柱管螺纹板牙与圆板牙相似。圆锥管螺纹板牙（见图 10-10）只在单面制成切削部分，故只能单面套丝，而且所有的切削刃都参加切削，所以切削很费力。



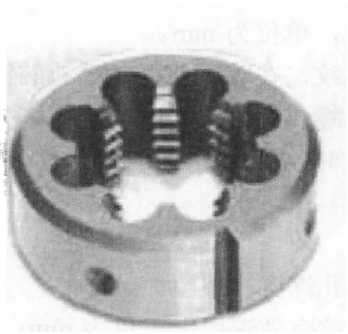
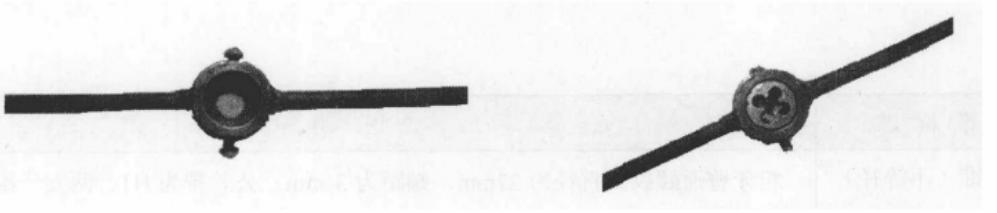


图 10-10　圆锥管螺纹板牙

2．板牙架（见图 10-11）

板牙架用于装加板牙，板牙装入后，用螺钉紧固。



（a）板牙架　　（b）组装好的板牙和板牙架

图 10-11　板牙架

二、项目基本知识

知识点一　攻丝的步骤和方法

1．攻螺纹前底孔直径和不通孔深度的确定

（1）底孔直径的确定

攻螺纹时，丝锥在切削金属的同时，还有较强的挤压作用，使攻出螺纹的小径小于底孔直径。因此，攻螺纹前的底孔直径应稍大于螺纹小径。否则攻螺纹时因挤压作用，使螺纹牙顶与丝锥牙底之间没有足够的容屑空间，易将丝锥箍住，折断丝锥，在攻塑性较大的材料时尤为严重。但是底孔也不易过大，否则会使螺纹牙型高度不够而降低强度。底孔直径大小，要根据工件材料的塑性及钻孔的扩张量考虑。

① 在加工钢和塑性较大的材料时，底孔直径的计算公式为：

$$D_{孔}=D-P$$

式中，$D_{孔}$——螺纹底孔直径，单位为 mm；

D——螺纹大径，单位为 mm；

P——螺距，单位为 mm。

② 在加工铸铁和塑性较小的材料时，底孔直径的计算公式为：

$$D_{孔}=D-(1.05\sim1.1)P$$

式中，D——螺纹大径，单位为 mm；

P——螺距，单位为 mm。

若加工英制螺纹，在攻制前，钻底孔的钻头直径可以从有关手册中查出。

（2）攻不通孔螺纹前底孔深度的确定

攻不通孔螺纹时，由于丝锥切削部分有锥角，端部不能切出完整的牙型，所以钻孔深度要大于螺纹的有效深度。一般取：

$$H_{钻}=h_{有效}+0.7D$$

式中，$H_{钻}$——底孔深度，单位为 mm；

$h_{有效}$——螺纹有效深度，单位为 mm；

D——螺纹大径，单位为 mm。

以下举例说明。

【例】分别计算在钢件和铸铁件上攻 M12 的螺纹时的底孔直径。若攻不通孔螺纹，其螺纹有效深度为 50 mm，求底孔深度为多少（$2\phi=120°$，只计算钢件）？

解：查有关螺纹手册，M12 的螺纹 $P=1.75$mm。

① 在钢件上攻螺纹前的底孔直径：

$$D_{孔}=D-P=12-1.75=10.25\text{mm}$$

② 在铸铁件上攻螺纹前的底孔直径：

$$D_{孔}=D-(1.05\sim1.1)P=12-(1.05\sim1.1)\times1.75=10.1625\sim10.075\text{mm}$$

取 $D_{钻}=10.1\text{mm}$（按钻头直径标准系列取一位小数）

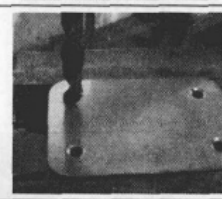
③ 在钢件上攻螺纹前的底孔深度：

$$H_{钻}=h_{有效}+0.7D=50+0.7\times12=58.4\text{mm}$$

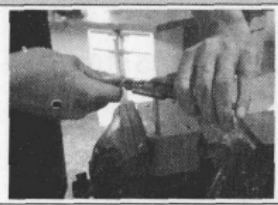
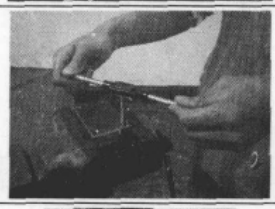
2．攻丝的步骤和方法

攻丝的步骤和方法如表 10-3 所示。

表 10-3　　攻丝的步骤和方法

步骤	操作实物图	说明
（1）划线、钻底孔		根据前面所学知识，钻出合适的底孔
（2）锪倒角		通孔两端都要倒角，目的是可使丝锥开始切削时容易进入，并可防止在孔口挤压出凸台。可用 90° 锪钻倒角，倒角出最大直径等于或略大于螺纹大径
（3）装夹工件		一般工件可夹持在台虎钳上
（4）装夹丝锥		
（5）起攻		将初锥放入铰杠方孔，将初锥夹紧，将丝锥切削部分放入工件孔内，一手用手掌按住铰杠中部，沿丝锥轴线用力加压，另一手配合做顺时针（右旋螺纹）方向旋进
（6）检查校正		攻丝时应保证丝锥中心线与孔中心线重合，在丝锥攻入 1～2 圈时应用直角尺从前后及左右两个方向检查校正，直至符合要求

续表

步骤	操作实物图	说明
（7）攻丝		当丝锥的切削部分全部进入工件时，就不需再施加压力了，靠丝锥做旋进切削。在攻丝时，两手握住铰杠两端，用力要均衡，旋转要平稳。每旋进 1/2～1 周时，应将丝锥反转 1/4～1/2 周，以割断和排除切屑，防止切屑堵塞屑槽，造成丝锥的损坏和折断
（8）丝锥退出		先用铰杠反向平稳旋转，当能用手直接旋动丝锥时，停止使用铰杠，用手旋出，以防铰杠带动丝锥退出时产生摇摆和振动，损坏螺纹的表面粗糙度
（9）换丝锥二攻、三攻，换用中锥、底锥进行二攻、三攻		换用另一丝锥时，应先用手将丝锥旋入已攻出的螺纹中，直到用手旋不动时，再用铰杠攻丝，方法同上

知识点二　攻丝注意事项

1．攻盲孔注意事项

攻盲孔时应在丝锥上做上标记，攻时应经常退出丝锥，排除孔中切屑，避免因切屑堵塞使丝锥折断或攻丝深度不够。清理孔中切屑时，不能直接用嘴吹，可将工件倒过来，如图 10-12 所示。对于无法倒向时，可用小弯管吹出或用磁性针棒将其吸出。

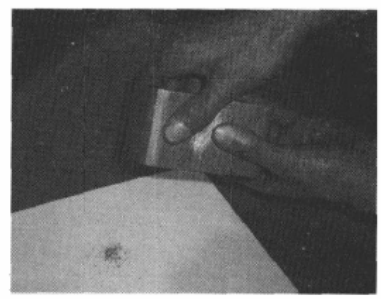


图 10-12　倒切屑

2．攻通孔注意事项

① 攻通孔时，丝锥的校准部分不要全部攻出，避免扩大或损坏孔口最后几道螺纹。

② 攻韧性材料的螺纹孔时，要加切削液，降低切削阻力，提高螺纹质量，延长丝锥寿命。攻钢件时可用机油作为切削液，螺纹质量要求高时可用工业植物油；攻铸铁件时可用煤油。

知识点三　攻丝质量的分析

攻丝时产生废品的原因和防止方法，见表 10-4。

表 10-4　　攻丝时产生废品的原因及防止方法

序号	废品形式	产生原因	防止方法
1	螺纹乱扣、断裂、撕破	（1）底孔直径太小，丝锥攻不进，使孔口乱扣 （2）头锥攻过后，攻二锥时放置不正。头、二锥中心不重合	（1）认真检查底孔，选择合适的底孔钻头，将孔扩大再攻丝 （2）先用手将二锥旋入螺孔内，使头、二锥中心重合

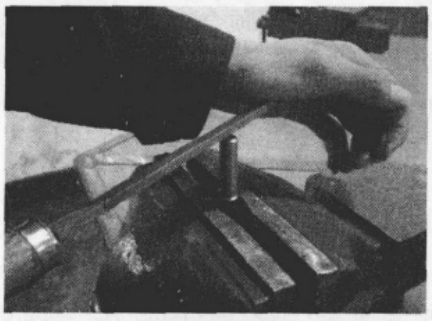
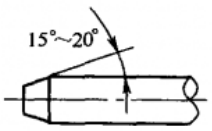
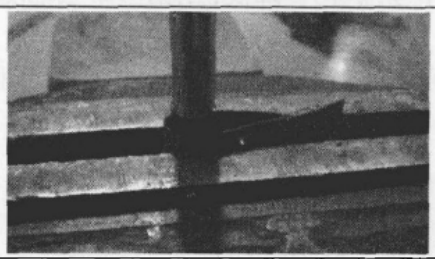
续表

序号	废品形式	产生原因	防止方法
1	螺纹乱扣、断裂、撕破	（3）螺孔攻歪斜很多，而用丝锥强行“借”仍借不过来 （4）低碳钢及塑性好的材料，攻丝时没有冷却润滑液 （5）丝锥切削部分磨钝 （6）手攻时，铰杠掌握不正，丝锥左右摇摆 （7）丝锥刀刃上有积屑瘤 （8）丝锥没有经常倒转，切屑堵塞 （9）攻不通孔螺纹时，到底后仍强攻	（3）保持丝锥与底孔中心一致，操作中两手用力均衡，偏斜太多不要强行借正 （4）应选用冷却润滑液 （5）将丝锥后角修磨锋利 （6）两手握住铰杠用力要均匀，不得左右摇摆 （7）用油石磨掉积屑瘤 （8）丝锥每旋进 1～2 圈，回转 1/2 圈，切断切屑 （9）攻不通孔螺纹时，在丝锥上做出标记，到标记后停止攻丝
2	螺纹偏斜	（1）丝锥与工件端平面不垂直 （2）铸件内有较大砂眼或夹渣 （3）攻丝时两手用力不均衡，倾向于一侧 （4）机攻时，丝锥与螺纹底孔轴线不重合	（1）起削时要使丝锥与工件端平面成垂直，要注意检查与校正 （2）攻丝前注意检查底孔，如砂眼太大或有夹渣，不宜攻丝 （3）要始终保持两手用力均衡，不要摆动 （4）钻完底孔不改变钻床主轴与工件的位置，直接攻丝
3	螺纹牙高不够	（1）攻丝底孔直径太大 （2）丝锥磨损	（1）正确计算与选择攻丝底孔直径与钻头直径 （2）修磨或更换丝锥

知识点四　套丝的步骤和方法

套丝的步骤和方法，如表 10-5 所示。

表 10-5　　套丝的步骤和方法

步骤	操作实物图	说明
（1）倒角		圆杆端部倒角，如左图所示。倒成半角为 15° ～ 20° 的圆锥体，如下图所示。以便使圆板牙起套时容易切入工件并作正确引导 
（2）装夹工件		圆杆应装加在用 V 形夹块或软金属（如铜皮）制成的垫中夹紧，以防圆杆夹持偏斜或夹出痕迹。如左图所示

续表

步骤	操作实物图	说明
（3）起套		板牙端面垂直于圆杆轴线方向接触工件，用一只手掌按住圆板牙中部，沿圆杆轴向施加压力，另一只手配合做顺时针（右旋螺纹）方向旋进，转动要慢，压力要大。如左图所示
（4）套丝		当圆板牙切入圆杆 1～2 圈时，应检查和校正板牙与圆杆的相对位置，使板牙端面垂直于圆杆轴线方向。当圆板牙切入圆杆 3～4 圈时，停止施加压力，让板牙自然旋进。如左图所示
（5）断屑		在套丝过程中，应经常让圆板牙倒转 1/4～1/2 圈进行断屑，以免切屑过长。如左图所示
（6）倒板牙、起板牙	  （a）倒转板牙　（b）双手取出板牙	当套丝长度达到要求后，将圆板牙倒转旋出。并且用双手取出板牙，如左图所示

知识点五　套丝注意事项

（1）套丝前工件圆杆直径的确定。

用圆板牙在工件上套丝时，材料因挤压而变形，螺纹牙顶会升高。因此，圆杆直径应小于螺纹大径，一般圆杆直径可按下面的公式计算得出：

$$D=d-0.13P$$

式中，D——工件圆杆直径，单位为 mm；

d——螺纹公称直径，单位为 mm；

P——螺距，单位为 mm。

工件圆杆直径也可查相关手册得出。

（2）套丝时应适当加注切削液（如机油、植物油等），降低切削阻力，提高螺纹质量，延长板牙寿命。切削液选择可查相关手册。

（3）在套 12 mm 以上螺纹时，一般采用可调节板牙分 2～3 次套成，既能避免扭裂和损坏板牙，又能保证螺纹质量，减小切削阻力。

知识点六　套丝质量的分析

套丝时产生废品的原因及防止方法，具体情况见表 10-6。

表 10-6　　套丝时产生废品的原因及防止方法

序号	废品形式	报废原因	防止方法
1	烂牙（乱扣）	（1）对低碳钢等塑性好的材料套丝时，未加润滑冷却液，板牙把工件上螺纹粘去一部分 （2）被加工的圆杆直径太大 （3）套丝时板牙一直不反转，切屑堵塞，啃坏螺纹 （4）板牙歪斜太多，在借正时造成烂牙	（1）对塑性材料套丝时一定要加适合的润滑冷却液 （2）把圆杆加工到合适的尺寸 （3）板牙正转 1～1.5 圈后，就要反转 1/4～1/2 圈，使切屑断裂 （4）套丝时板牙端面要与圆杆轴线垂直，并经常检查。发现略有歪斜，就要及时借正
2	螺纹一边深一边浅	（1）圆杆端头倒角没倒好，使板牙端面与圆杆不垂直 （2）板牙套丝时，两手用力不均匀，使板牙端面与圆杆不垂直	（1）圆杆端头要按表 10-5 的步骤 1 倒角，四周斜角要大小一样 （2）套丝时两手用力要均匀，要经常检查板牙端面与圆杆是否垂直，并及时纠正
3	螺纹中径太小（齿牙太瘦）	（1）套丝时绞杠摆动，多次借正，造成螺纹中径过小 （2）板牙切入圆杆后，还用力压板牙铰杠 （3）活动板牙、开口后的圆板牙尺寸调节得太小	（1）套丝时，板牙铰杠要握稳 （2）板牙切入后，只要均匀使板牙旋转即可，不能再加力下压 （3）活动板牙、开口后的圆板牙要用样柱来调整好尺寸
4	螺纹太浅	（1）圆杆直径太小 （2）活动板牙、开口调节得太大	（1）圆杆直径要在规定的范围内 （2）活动板牙、开口后的圆板牙要用样柱来调整好尺寸

项目学习评价

一、思考练习题

（1）丝锥上都有其相应的标志，如同其身份证一样，说一说下述几个丝锥标志的螺纹代号的含义：

① 机用丝锥中锥 M10-H1；

② 机用丝锥（不等径）2-M27-H1；

③ 手用丝锥中锥 M12；

④ 短柄螺母丝锥中锥 M6-H2。

（2）若分别在钢件和铸铁件上攻 M16 的螺纹，那么钻底孔时应分别选用直径为多少的钻头？

（3）计算在钢件件上攻 M12 的不通螺纹孔，要求有效螺纹深度为 50mm，求底孔深度为多少（2ϕ=120°）？

（4）丝锥退出时和铰刀退出时有何区别？

（5）攻螺纹时常会出现什么问题？试分析其原因。

（6）套丝时应注意哪些事项？

（7）若在钢件上套 M10、M12 的丝，确定圆杆直径是多少？

二、自我评价、小组互评及教师评价

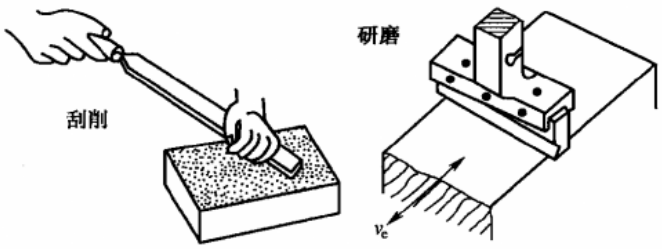
评价方面	项目评价内容	分值	自我评价	小组互评	教师评价	得分
理论知识	① 掌握攻螺纹前底孔直径和不通孔深度的确定	10				
	② 掌握套丝前工件圆杆直径的确定	10				
	③ 能对攻丝质量进行分析	15				
	④ 能对套丝质量进行分析	15				
实操技能	① 掌握攻丝的步骤和方法	20				
	② 掌握套丝的步骤和方法	20				
学习态度	① 学习努力	5				
	② 学习技能时积极肯干	5				
安全文明生产	按规范进行操作					

三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

项目十一　刮削与研磨的加工

项目情境创设





为什么要有刮削和研磨加工呢？刮削是精加工的一种方法。研磨又是与刮削必不可分的一道工序。通过刮削后的工件表面，不仅能获得很高的形位精度、尺寸精度，而且能使工件的表面组织紧密和得到小的表面粗糙度，还能形成比较均匀的微浅坑，创造良好的存油条件，减少摩擦阻力。所以刮削常用于零件上互相配合的重要滑动面，如机床导轨面、滑动轴承等，并且在机械制造、工具、量具制造或修理中占有重要地位。但刮削的缺点是生产率低，劳动强度大。

项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 了解刮削常用的工具及其使用方法 ② 了解研磨操作中常用的研具和研磨剂及其使用方法 ③ 掌握正确的刮削操作方法 ④ 掌握正确的研磨操作方法	实操	2
知识目标	① 掌握刮削的基本理论知识 ② 理解研磨与刮削之间的关系 ③ 理解显示剂的作用 ④ 理解刮削是什么样的加工	讲授	4

项目基本功

一、项目基本技能

任务一　刮削工具的认知

1．校准工具

校准工具是通过研磨平板的推磨来检查被加工面准确性的工具，也叫研具。常用的校准工具有研磨校准平板、校准直尺、角度直尺以及检验轴。

（1）研磨标准平板

一般在刮削较宽平面时，它是常用的检验工具，如图 11-1 所示。用一级铸铁制成，经过加工后再精刮而达到较高的精度。其平面坚硬，有较高的耐磨性。平板的大小由加工工件而定。

（2）标准直尺

如图 11-2（a）所示，该直尺是桥式直尺，用来检验较大平面或机床导轨的平面度。图 11-2（b）所示是工字形直尺，其工作面经过精刮，用来检验较小平面或者较短导轨的平面度。

（3）角度直尺

角度直尺用于检验燕尾导轨的角度，尺的两端面经过精刮并成所需的角度（一般为 55°、60° 等），第三个面是支撑面。如图 11-2（c）所示。

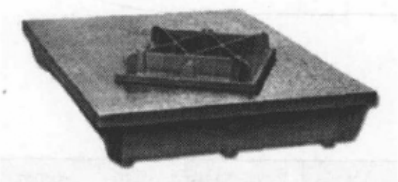


图 11-1　研磨标准平板

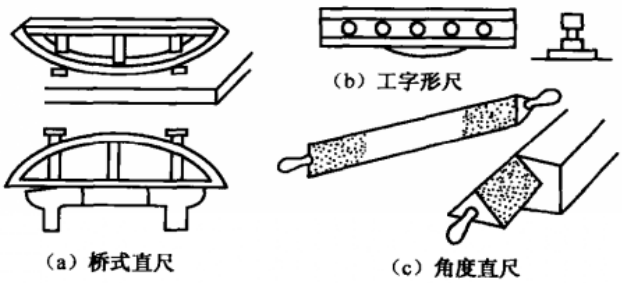


图 11-2　标准直尺和角度直尺

（4）检验轴

检验轴用于检验曲面或者圆柱形内表面。刮削曲面时，往往用相配的轴作为标准工具。如无现成轴，可自制一根与机轴尺寸相符的标准芯棒来检验。

2．刮刀（铲刀）

刮削时，由于工件形状不同，因而要求刮刀有不同的形式。刮刀分为平面刮刀和曲面刮刀两类。

（1）平面刮刀

平面刮刀用于刮削平面和刮花。一般多采用碳素工具钢 T12A 制成。常用的平面刮刀有直头刮刀（如图 11-3 所示）和弯头刮刀两种。

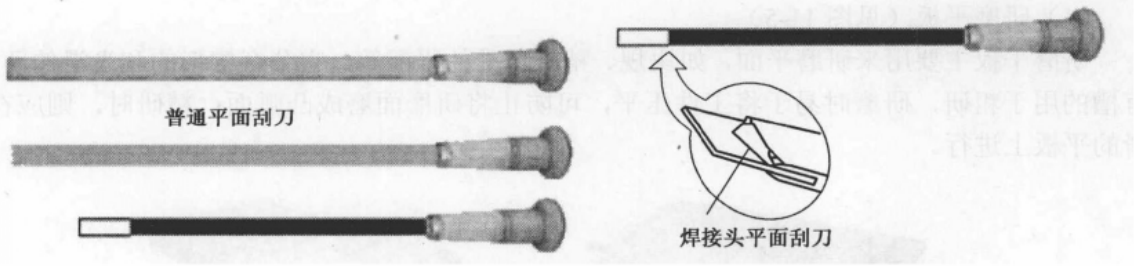


图 11-3　平面刮刀

（2）曲面刮刀

曲面刮刀用来刮削曲面。常用的有三角刮刀、蛇头曲面刮刀和圆头内孔刮刀，如图 11-4 所示。

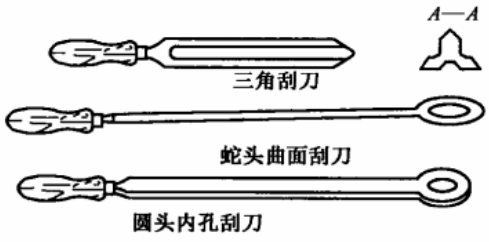


图 11-4　曲面刮刀

3．显示剂

显示剂是工件和校准工具对研时所加的涂料。其作用是显示工件误差的位置和大小。目前常用的显示剂主要有红丹粉和蓝油两种。

（1）红丹粉

红丹粉分铅丹（氧化铅，呈橘红色）和铁丹（氧化铁，呈红褐色），这两种颗粒较细，广泛应用于钢与钢、铸铁与铸铁和钢与铸铁工件的研磨。研磨后红丹粉呈黑点的地方是需要刮削（铲除）的地方。

（2）蓝油

蓝油是用蓝粉和蓖麻油及适量的机油调和而成的，呈深蓝色，其显示的研磨点小而清楚，多用于精密工件和有色金属及合金的工件。

任务二　研具和研磨剂的认知

1．研具材料

在研磨加工中，研具是保证研磨工件几何形状正确的主要因素，因此，对研具的材料、精度和粗糙度都有较高的要求。研具组织结构应细密均匀，要有很高的稳定性、耐磨性，具有较好的嵌存磨料的性能，工作面的硬度应比工件表面的硬度稍软。

（1）灰铸铁

它有润滑性能好、磨耗较慢、硬度适中、研磨剂在其表面容易涂抹均匀等优点。它是一种研磨效果较好、价廉易得的研具材料，因此得到广泛应用。

（2）球墨铸铁

它比一般的灰铸铁更容易嵌存磨料，且嵌得更均匀牢固适度，同时还能增加研具的耐用度，采用球墨铸铁制作研具已得到广泛应用，尤其在精密工件上。

（3）软钢

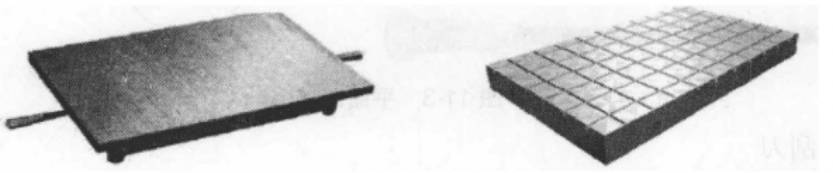
它的韧性较好，不容易折断，常用来做小型的研具，如研磨螺纹和小直径工具、工件等。

2．研具类型

生产中需要研磨的工件是多种多样的，不同形状的工件应用不同类型的研具。常用研具有以下几种。

（1）研磨平板（见图 11-5）

研磨平板主要用来研磨平面，如块规、精密量具的平面等。它分有槽形的和光滑的两种。有槽的用于粗研，研磨时易于将工件压平，可防止将研磨面磨成凸弧面；精研时，则应在光滑的平板上进行。



（a）光滑平板　　（b）有槽平板

图 11-5　研磨平板

（2）研磨环

研磨环主要用来研磨外圆柱表面。研磨环的内径应比工件的外径大 0.025～0.05mm，其结构如图 11-6 所示。

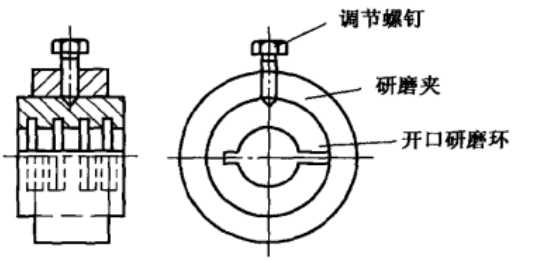
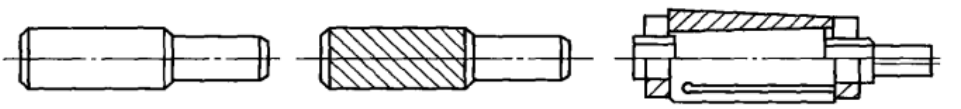


图 11-6　研磨环

（3）研磨棒（见图 11-7）

研磨棒主要用于圆柱孔的研磨，有固定式和可调节式两种。固定式研磨棒制造容易，但磨损后无法补偿。多用于单件研磨或机修中。对于工件上某一尺寸孔径的研磨，要 2～3 个预先制好的有粗、半精、精研磨余量的研磨棒完成。



（a）光滑研磨棒　　（b）带槽研磨棒　　（c）可调节式研磨棒

图 11-7　研磨棒

3．研具材料

研具材料应满足以下技术要求：材料的组织要细致均匀，要有很高的稳定性和耐磨性，具有较好的嵌存磨粒的性能，工作面的硬度应比工件表面硬度稍低。

（1）灰铸铁

灰铸铁具有较好的润滑性，磨损较慢，硬度适中，研磨剂在其表面容易涂抹均匀，是一种研磨效果较好、价格便宜的研具材料，在生产中广泛应用。

（2）球墨铸铁

球墨铸铁比一般的灰铸铁更容易嵌存磨料，而且更均匀、牢固，同时还能增加研具的耐用度。采用球墨铸铁制作研具已得到广泛应用，尤其用于精密零件的研磨。

（3）低碳钢

低碳钢具有较好的韧性，不易折断，常用来制作小型研具，如研磨 M5 以下的螺纹孔、直径小于 8mm 的孔以及较窄的凹槽等。

（4）铜

铜的性质较软，表面容易嵌存磨料，适用于制作研磨软钢类零件的研具。

4．研具类型

（1）通用研具

平面研磨通常都采用标准平板，粗研磨时，平板表面上可开槽，可避免过多的研磨剂浮在平板上影响研磨效果。精研磨时则使用精密无槽平板。

（2）辅助工具

研磨狭窄平面时，为防止研磨平面产生倾斜或圆角，研磨时利用“靠块”保证研磨精度；如研磨工件数量较多，可采用“C 形夹头”将几个工件夹在一起研磨，能有效防止工件倾斜。

5．研磨剂的磨料

磨料在研磨过程中起主要的切削作用，研磨工作的效率、工件的精度以及表面粗糙度都与磨料有着密切的关系。磨料的种类很多，使用时应根据零件材料和加工要求合理选择。常用磨料的代号、特征和用途如表 11-1 所示。

表 11-1　　常用磨料的代号、特征和用途

磨料名称	性质	应用范围
棕刚玉（A）	呈棕褐色，硬度较高，韧性较大，价格相对较低	适于磨削抗拉强度高的金属材料，如碳钢、合金钢、高碳钢、高速钢、可锻铸铁、硬青铜等
白刚玉（WA）	呈白色，硬度比棕刚玉高，韧性较棕刚玉低，易破碎，棱角锋利	适于磨削淬火钢、合金钢、高碳钢、高速钢及加工螺纹薄壁件等
单晶刚玉（SA）	呈淡黄色或白色，单颗粒球状晶体，强度与韧性均比棕、白刚玉高，具有良好的多棱角的切削刃，切削能力强	适于磨削不锈钢、高钒钢、高速钢等高硬度、高韧性材料及易变形、烧伤的工件，也适用于高速磨削和低粗糙度磨削
微晶刚玉（MA）	呈棕黑色，磨料由许多微小晶体组成，韧性大，强度高，工作呈微刃破碎，自锐性能好	适于磨削不锈钢轴承钢、特种球墨铸铁等较难磨材料，也适于成形磨、切入磨、高速磨及镜面磨等精加工
铬钢玉（PA）	呈玫瑰红或紫红色，韧性高于白刚玉，效率高加工后表面粗糙度低	适于磨削刀具、量具、仪表、螺纹等低粗糙度表面的磨削
黑刚玉（BA）	呈黑色，又名人造金刚砂，硬度低，但韧性好，自锐性、亲水性好，价格低	多用于研磨抛光，并可用来制作树脂砂轮及砂布、砂纸等
黑碳化硅（C）	呈黑色，有光泽，硬度高，但性脆，导热性能好，棱角锋利，自锐性优于刚玉	适于磨削铸铁，黄铜、铅锌等抗张强度较低的金属材料，也适于加工各类非金属材料，如橡胶、塑料、矿石、耐火材料及热敏性材料的干磨等，也可用于珠宝玉器的自由磨粒的研磨等
立方碳化硅（SC）	呈黄绿色，晶体呈立方形，强度高于黑碳化硅，脆性高于绿碳化硅，棱角锋利	适于磨削韧而粘的材料，如不锈钢，轴承钢等，尤适于微型轴承沟槽的超精加工等
碳化硼（BC）	呈灰黑色，在普通磨料中硬度最高，磨料棱角锐利，耐磨性能好	适于硬质合金、宝石及玉石等材料的研磨与抛光

6．研磨液

研磨液在研磨加工中起调和磨料、冷却和润滑作用。研磨液的质量高低和选用是否正确直接关系到研磨加工的效果，常用的研磨液有煤油、汽油和机油等，此外根据需要在研磨液中加入适量的石蜡和蜂蜡等填料和黏性较大而氧化作用较强的油酸、脂肪酸、硬脂酸等，可提高研磨效果。

二、项目基本知识

知识点一　刮削的认知

1．刮削概念

刮削是用刮刀从工件表面上刮去一层很薄的金属的方法，如图 11-8 所示。它用具简单，不受工件形状和位置以及设备条件的限制，具有切削量小，切削力小，产生热量小，装夹变形小等特点，能获得很高的形位精度、尺寸精度、接触精度、传动精度及较低的粗糙度值。

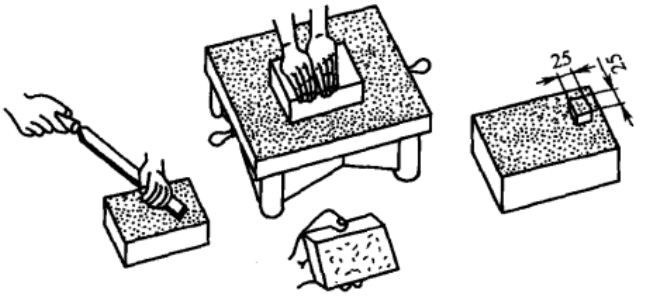


图 11-8　刮削

2．刮削原理

刮削是在工件与校准工具或与其相配合的工件之间涂上一层显示剂，经过对研，使工件较高的部位显示出来，然后用刮刀进行微量的刮削，刮去较高部位的金属层。刮削的同时，刮刀对工件还有推挤和压光的作用，这样反复地对研、刮削就能使工件达到预定的精度要求。

3．刮削的特点

刮削具有切削量小、切削力小、产生热量小、装夹变形小等特点，不存在机械加工过程中不可避免的振动、热变形等因素，所以能获得很高的尺寸精度、形状和位置精度、接触精度、传动精度和很小的表面粗糙度。刮削后的工件表面，形成了比较均匀的微浅凹坑，创造了良好的存油条件，改善了相对运动表面之间的润滑情况。

4．刮削加工量

由于每次刮削只能刮去很薄的一层金属，刮削操纵的劳动强度又很大，所以要求在机械加工后留下的刮削加工量不宜太大，一般为 0.05～0.4mm。刮削加工量如表 11-2 所示。

表 11-2　　刮削加工量　　（单位：mm）

平面的刮削余量					
平面宽度	平面长度				
	100～500	500～1000	1000～2000	2000～4000	4000～6000
100 以下	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
100～500	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40

孔的刮削余量			
孔径	孔长		
	100 以下	100～200	200～300
800 以下	0.05	0.08	0.12
80～180	0.10	0.15	0.25
180～360	0.15	0.20	0.35

知识点二　刮削显示剂

1．显示剂的用法

刮削时，显示剂可以涂在工件表面上，也可以涂在校准件上。前者在工件表面显示的结果是红底黑点，没有闪光，容易看清楚，用于精刮时选用。后者只在工件表面的高处着色，研磨点暗淡，不容易看出，但切屑不易粘附在刀刃上，刮削方便，适用于粗刮时选用。

2．显点的方法

显点的方法应根据不同形状和刮削面积的大小有所不同。

（1）中小型工件的显点

一般是校准平板固定不动，工件被刮面在平板上推动并且研磨。推动研磨的压力要均匀，避免显示失真。如果工件被刮面小于平板面，推动研磨时最好不超出平板；如果被刮面等于或者稍大于平板面，应在整个平板上推动研磨，以防止平板局部磨损。

（2）大型工件的显点

将工件固定，平板在工件的被刮面上推动并且研磨。推动研磨时，平板超出工件被刮面的长度应小于平板长度的 1/5。对于面积大、刚性差的工件，平板的质量要尽可能减轻。

（3）曲面刮削显点

刮削曲面时，一般以标准轴（也称工艺轴）或与零件配合的轴作为内曲面研磨点的校准工具。研合时将显示剂涂在轴的圆柱面上，用轴在内曲面中旋转以显示研磨点。

（4）精度的检查

刮削的精度包括尺寸精度、形状和位置精度、接触精度及贴合程度、表面粗糙度等。对刮削质量最常用的检查方法是将被刮削面与校准工具对研后，用边长为 25mm 的正方形方框罩在被检查面上，根据方框内的研磨点来决定接触精度。

知识点三　刮削的操作

刮削有平面刮削和曲面刮削两种方法。

1．刮削前的准备

（1）工件必须放平稳，防止刮削时发生振动和滑动。刮削面的高低要适合操作者的身材，

一般在齐腰位置为佳。刮削小工件时要用台虎钳或者夹具夹持，但夹持不宜过紧，以防工件变形。

（2）刮削场地的光线要适当，光线太强，会出现反光，点子不宜看清；光线太弱，也看不清点子，要附加灯光。

（3）清擦工件表面。刮削前，对刮削工件必须彻底清擦，去掉铸件上的残沙、锐边和毛刺，刮削表面上的油污必须擦净。

2．刮削方法

（1）平面刮削方法

刮削姿势很重要，如果姿势不正确，就很难发挥出力量，工作效率不高，质量也不能保证。因此，正确的刮削姿势很重要。目前常采用的刮削姿势有两种，分别是挺刮法和手刮法。

① 挺刮法

如图 11-9 所示，将刮刀柄放在小腹右下侧肌肉处，双手并拢握在刮刀前部距刀刃约 80mm 处（左手在前，右手在后），刮削时刮刀对准研磨点，左手下压，利用腿部和臀部力量使刮刀向前推挤，再推动到位的瞬间，用双手同时将刮刀提起，完成一次刮点动作。挺刮法每刀切削量较大，适合大余量的刮削，工作效率较高，但腰部易疲劳。

② 手刮法

图 11-10 所示为手刮法的姿势，右手握住短刀柄，左手四指向下握住近刮刀头部约 50mm 处，刮刀与被刮削表面成 20°～30° 角。同时，左脚前跨一步，上身随着往前倾斜。刮削时右手随着上身前倾使刮刀向前推进，左手下压，落刀要轻，当推进到所需要位置时，左手迅速提起，完成一个手刮动作。



图 11-9　挺刮法



图 11-10　手刮法

手刮法动作灵活，适应性强，适用于各种工作位置，一般对刮刀长度要求不太严格，姿势可合理掌握，但手较易疲劳，故不适合用于加工余量较大的工件。

两种方法各有其长处和短处。钳工可以根据工件刮削面的大小和高低情况，采用某种刮法或混合使用，来完成刮削工作。

③ 平面刮削过程

平面刮削过程一般要经过粗刮、细刮、精刮和刮花等过程。

a．粗刮

由于工件表面有显著的加工痕迹或已生锈，加工余量较大，方法是用粗刮刀采用连续推铲的方法，刀迹要连成长片。粗刮可以很快地去除刀痕、锈斑。当粗刮到每 25mm×25mm 的方框内有 2～3 个研点时，即可转入细刮。

b．细刮

细刮主要是使刮削面进一步改善其不平现象，用细刮刀在刮削面上刮去大块研点。刮削

时采用短刮法（刀迹的长度约为刀刃宽度），随着研点的增多，刀迹逐步缩短，在每刮一遍时，须按一定方向刮削，刮第二遍时要交叉刮削，以消除原方向的刀迹，否则出现的研点会成条状。细刮到每边长为 25mm 的正方形面积内出现 12～15 个研点时，细刮即告结束。

c．精刮

在细刮的基础上，通过精刮增加接触点，使工件符合精度要求，刮削时用精刮刀采用点刮法刮削。精刮时，注意落刀要轻，起刀要迅速挑起。每个研磨点上只刮一刀，不应重复，并始终交叉地进行刮削。当研磨点逐渐增多到每边长为 25mm 的正方形面积内有 20 点以上时，可将研磨点分为 3 类分别对待。最大最亮的研磨点全部刮去；中研磨点在其顶点刮去一小片；小研磨点留着不刮。这样连续刮几遍，待出现的点数达到要求即可。

d．刮花

刮花的目的一种是单纯为了刮削面的美观，另一种是为了使滑动件之间造成良好的润滑条件。还可根据花纹消失多少来判断平面磨损的程序。在接触精度要求高，研磨点要求多的工件上，不应刮成大片花纹，否则不能达到所要求的刮削精度。常见的花纹如图 11-11 所示。



（a）斜花纹　（b）鱼鳞纹　（c）半月花纹

图 11-11　刮花的花纹

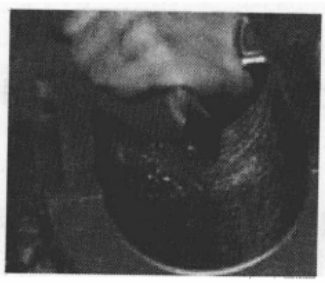
（2）曲面的刮削方法

曲面刮削分为两种：内曲面的刮削和外曲面的刮削。

① 曲面的刮削姿势

a．第一种姿势如图 11-12（a）所示，右手握刀柄，左手掌心向下四指横卧刀身，拇指抵着刀身。刮削时左、右手同时做圆弧运动，且顺曲面使刮刀做后拉或前推运动，刀迹与曲面轴线约成 45° 夹角，且交叉进行，参见实际操作图。

b．第二种姿势如图 11-12（b）所示，刮刀柄搁在右手臂上，双手握住刀身。刮削时的动作和刮刀运动轨迹与第一种姿势相同。



实际操作图



（a）



（b）

图 11-12　内曲面刮削

② 外曲面的刮削姿势

图 11-13 所示为外曲面的刮削姿势，两手握住平面刮刀的刀身，用右手掌握方向，左手加压或提起。刮削时刮刀面与轴承端面倾斜角约为 30°，也应交叉刮削。

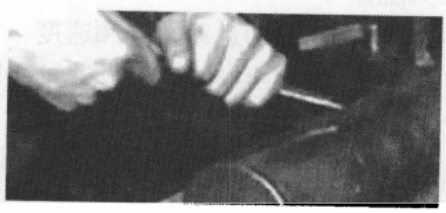


图 11-13　外曲面的刮削姿势

知识点四　研磨基本概念

1．研磨的概念

使用研磨工具和研磨剂，利用研具和被研磨零件之间做相对的滑动，从零件表面上研磨去一层极薄的金属层，以提高零件的尺寸、形状精度、降低表面粗糙度值的精加工方法，称为研磨。

2．研磨的原理及作用

（1）研磨原理

研磨是一种微量的金属切削运动，它的基本原理包含着物理和化学的综合作用。

① 物理作用，即磨料对工件的切削作用，研磨时，要求研具材料比被研磨的工件软，这样受到一定压力后，研磨剂中微小颗粒（魔粒）被压嵌在研具表面上。由于研具和工件的相对运动，半固定或浮动的磨粒则在工件和研具之间做运动轨迹很少重复的滑动和滚动，因而对工件产生微量的切削作用。

② 化学作用，当研磨剂采用氧化铬、硬脂酸等化学研磨剂进行研磨时，与空气接触的工件表面很快形成一层极薄的氧化膜，而且氧化膜又很容易被研磨掉，这就是研磨的化学作用。

（2）研磨的作用

① 研磨可以获得用其他方法难以达到的高尺寸精度和形状精度。

② 磨粒在工件表面不重复先前运动轨迹，易于切削掉加工表面凸峰，容易获得极小的表面粗糙度值。

③ 经研磨后的零件能提高加工表面的耐磨性、抗腐蚀能力及疲劳强度，从而延长了零件的使用寿命。

④ 加工方法简单，不需要复杂的设备，但加工效率较低。

知识点五　研磨类型、轨迹和方法

1．研磨的类型

研磨方法一般可分为湿研、干研和半干研 3 类。

① 湿研：又称敷砂研磨，把液态研磨剂连续加注或涂敷在研磨表面，磨料在工件与研具间不断滑动和滚动，形成切削运动。

湿研一般用于粗研磨，所用微粉磨料粒度粗于 W7。

② 干研：又称嵌砂研磨，把磨料均匀压嵌在研具表面层中，研磨时只需在研具表面涂以少量的硬脂酸混合脂等辅助材料。干研常用于精研磨，所用微粉磨料粒度细于 W7。

③ 半干研：类似湿研，所用研磨剂是糊状研磨膏。研磨既可用手工操作，也可在研磨机上进行。工件在研磨前须先用其他加工方法获得较高的预加工精度，所留研磨余量一般为 5～30μm。

2．研磨的运动轨迹和速度

研磨的运动轨迹，如图 11-14 所示。要正确处理好研磨的运动轨迹是提高研磨质量的重要条件。

在平面研磨中，一般要求如下。

① 工件相对研具的运动，要尽量保证工件上各点的研磨行程长度相近。

② 工件运动轨迹均匀地遍及整个研具表面，以利于研具均匀磨损。

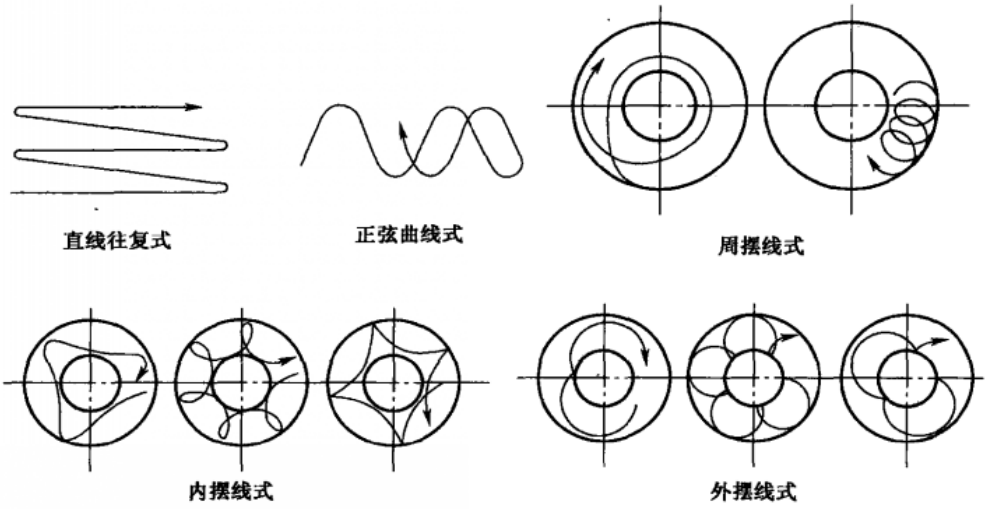


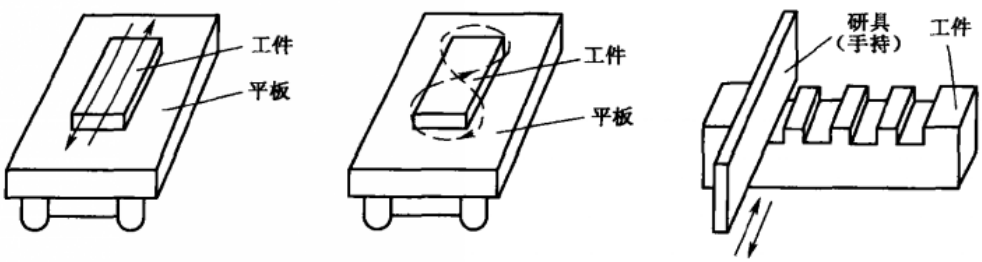
图 11-14　常用的平面研磨运动轨迹

③ 运动轨迹的曲率变化要小，以保证工件运动平稳。

④ 工件上任一点的运动轨迹尽量避免过早出现周期性重复。图 11-13 所示为常用的平面研磨运动轨迹。为了减少切削热，研磨一般在低压低速条件下进行。粗研的压力不超过 0.3MPa，精研压力一般采用 0.03～0.05MPa。粗研速度一般为 20～120m/min，精研速度一般取 10～30m/min。

3．平面研磨的方法

研磨平面一般在精磨之后进行。手工研磨平面时，研磨剂涂在研磨平板（研具）上，手持工件做直线往复运动或“8”字形运动。研磨一定时间后，将工件调转 90°～180°，以防工件倾斜。对于工件上局部待研的小平面、方孔、窄缝等表面，也可手持研具进行研磨。如图 11-15 所示。



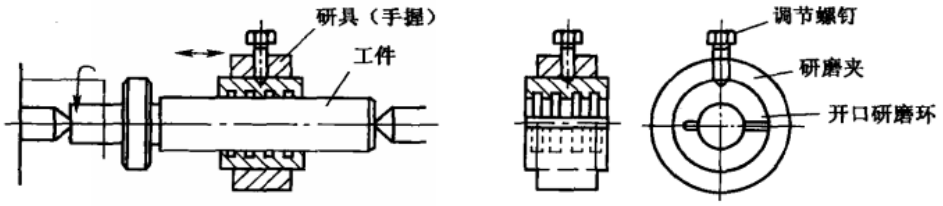
（a）往复移动研磨平面　　（b）“8”字形运动研磨平面　　（c）研磨窄缝的侧面

图 11-15　平面研磨

4．圆柱面研磨

（1）外圆柱面的研磨

研磨外圆一般在精磨或精车基础上进行。手工研磨外圆可在车床上进行，工件和研磨环之间涂上研磨剂，工件由车床主轴带动旋转，研具用手扶持做轴向往复移动。工件的旋转速度以工件的直径来选择，当直径小于 80mm 时，机床的转速约为 100r/min；当直径大于 100mm 时，转速约为 50r/min。如图 11-16 所示。

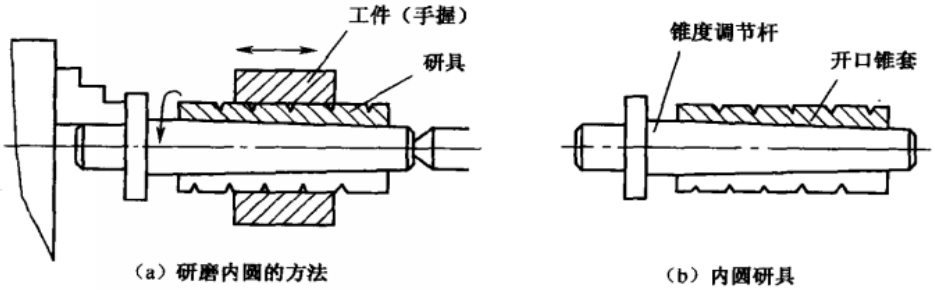


（a）研磨外圆的方法　　（b）外圆研具

图 11-16　外圆柱面的研磨

（2）内圆柱面和圆锥面的研磨

研磨内圆需在精磨、精铰或精镗之后进行，一般为手工研磨。研具为开口锥套，套在锥度心轴上研磨剂涂于工件与研具之间，手扶工件做轴向往复移动。研磨一定时间后，向锥度心轴大端方向调整锥套，使之直径胀大，以保持对工件孔壁的压力。如图 11-17 所示。



（a）研磨内圆的方法　　（b）内圆研具

图 11-17　内圆柱面的研磨

知识点六　研磨的注意事项

（1）在工件研磨过程中，用力要均匀，压力要适中，研磨量要均匀。
（2）研磨时使工件保持平衡，保证研磨表面能均匀地进行研磨加工。
（3）研磨时注意工件的研磨轨迹，保证工件正确的研磨轨迹。
（4）研磨时应经常注意精度的检验，避免研磨误差过大。

项目学习评价

一、思考练习题

（1）什么样的操作称为研磨？试述研磨的原理。
（2）什么是研磨剂？研磨剂由哪几部分组成？
（3）对于研具的材料有何要求？常用研具材料有哪几种？

二、自我评价、小组互评及教师评价

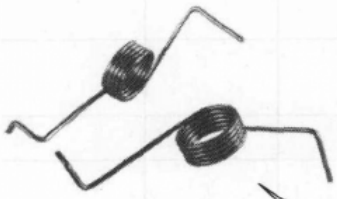
评价方面	项目评价内容	分值	自我评价	小组互评	教师评价	得分
理论知识	① 刮削的概念和工作原理	10				
	② 刮削工具的认知	10				
	③ 研磨的概念和工作原理	10				
	④ 研磨工具的认知	10				
实操技能	① 显示剂和研磨剂的正确选用	10				
	② 平面刮削和曲面刮削的正确操作方法	20				
	③ 平面研磨和圆柱面、圆锥面研磨的正确操作方法	20				
学习态度	① 学习努力	5				
	② 学习技能时积极肯干	5				
安全文明生产	按规范进行操作					

三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

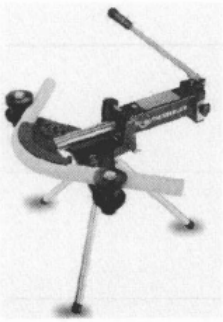
项目十二　矫正与弯曲的加工

项目情境创设











机械加工、安装或修里过程中，经常会对零件进行矫正，如轴类零件、型材发生了弯曲，板材、板类零件发生了翘曲、扭曲等现象，需要矫正后才能使用。而有时需要靠弯曲制作、加工一些零件，如弯管子、制作弹簧等。那么如何对金属件进行矫正、弯曲呢？需要哪些工具设备？注意哪些事项呢？本项目介绍矫正与弯曲的加工。

项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 能正确使用矫正、弯曲工具和设备 ② 掌握弯曲、矫正的基本步骤和方法	现场教学，边讲边练	4
知识目标	① 能根据金属薄板弯曲的形状，确定矫正方案 ② 弯曲知识，弯曲毛坯长度的计算 ③ 能分析矫正、弯曲时出现的问题及其原因	讲授、案例教学	2

项目基本功

一、项目基本技能

任务一　手工矫正工具的认知

1．平板、台虎钳和铁砧

平板、台虎钳和铁砧是矫正板材和型材的基座。分别如图 12-1、图 12-2 和图 12-3 所示。

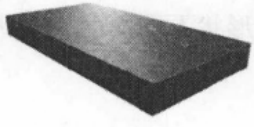


图 12-1　平板

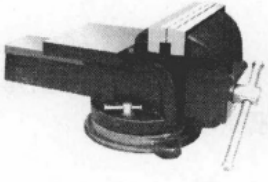


图 12-2　台虎钳

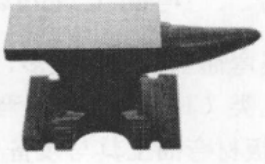


图 12-3　铁砧

2．软、硬锤子

矫正一般材料时通常用钳工手锤和方头手锤；矫正已加工过的表面、薄钢板或有色金属制件时，使用软手锤，如铜锤、硬胶锤、木锤、铅锤等。各种锤子如图 12-4、图 12-5、图 12-6 和图 12-7 所示。



图 12-4　钳工手锤

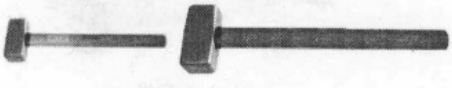


图 12-5　紫铜锤

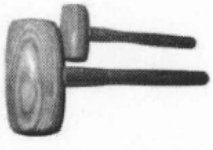


图 12-6　木锤



图 12-7　橡胶锤

3．抽条和拍板

抽条是采用条状薄板完成的简易手工工具，用于抽打较大面积的薄板，如图 12-8 所示。拍板是用质地较硬的硬木制成的专用工具，用于敲打板料。

4．压力机

压力机用于矫正较大的轴类零件或棒料，如图 12-9 所示。

5．检验工具

检验工具包括平板、90° 角尺、钢直尺、百分表等，前面已经讲过，此处不再赘述。

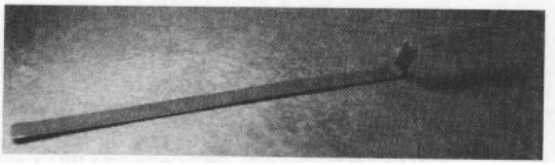


图 12-8　抽条

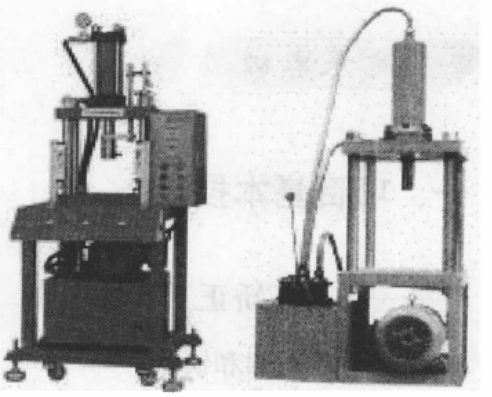


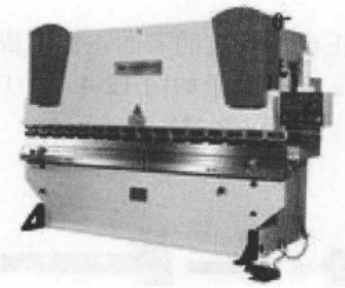
图 12-9　压力机

任务二　弯曲工具的认知

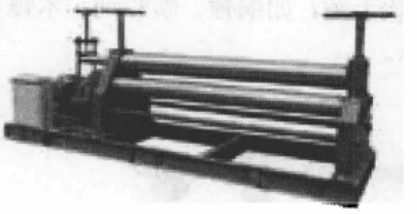
金属弯曲工具种类很多，有很多是专用工具。根据弯曲材料形状不同而区别很大。常用有下列几类（其使用方法见弯曲的步骤和方法）。

1．板材弯曲工具与设备

板材弯曲工具、设备通常有平板、台虎钳、软（硬）锤子、卷板机、折弯机等。图 12-10（a）、图 12-10（b）所示分别为折弯机、卷板机。



（a）折弯机



（b）卷板机

图 12-10　板材弯曲设备

2．管材弯曲

管材弯曲常用的工具、设备是弯管器，如图 12-11 所示。

3．线材弯曲

用金属线材弯曲成金属环、弹簧或其他需要的形状，常用的工具、设备有圆嘴手钳（如图 12-12 所示）、弹簧缠绕机以及手锤、台虎钳等辅助工具等。

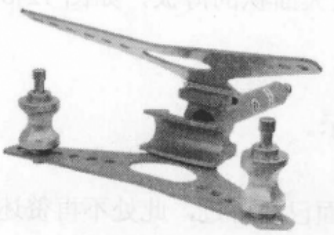


图 12-11　弯管器

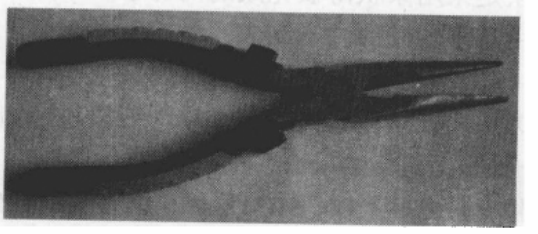


图 12-12　圆嘴手钳

4．型材弯曲

型材弯曲主要指弯曲角钢、槽钢等型材，所使用的工具、设备多为专用或自制。在此不再介绍。

二、项目基本知识

知识点一　矫正与弯曲的基础知识

1．矫正的基础知识

原材料在运输和存放等过程中方法不当，都会引起变形。金属板材或型材由于受到冲击、剪切等外力作用，内部组织发生变化而产生的残余应力也会引起材料的变形。发生变形的材料在使用时带来诸多不便，需要对其进行矫正。

我们把消除材料或制件的弯曲、翘曲、凸凹不平等缺陷的加工方法叫做矫正。

金属材料的变形有两种情况：一种是弹性变形，即随载荷的存在而产生、随载荷的去除而消失的变形；另一种是塑性变形，即不随载荷的去除而消失的变形。矫正是对后者而言的。金属板材和型材矫正的实质就是使它们产生新的塑性变形以消除原有的不平、不直或翘曲变形。所以，矫正后的金属材料内部组织要发生变化，硬度提高、性质变脆，这种现象叫做冷作硬化。对冷作硬化后的材料进行矫正或其他冷加工时比较困难，往往需要退火处理，使材料恢复原来的力学性能。

按矫正时被矫正工件的温度分类，可分为冷矫正和热矫正两种。冷矫正是在常温下进行的，适用于塑性较好、变形不严重的金属材料。对于变形十分严重或脆性较大的以及长期露天存放而生锈的金属板材或型材，需采用热矫正，要把被矫正工件加热到 700～1000℃的高温下进行。

按矫正时产生矫正力的方法分为机械矫正和手工矫正。手工矫正是钳工用手工工具在平板、铁砧或台虎钳上进行的，一般有延展、扭转、弯形、伸张等方法。这里我们仅介绍手工冷矫正。

2．弯曲的基础知识

（1）弯曲的概念

将棒料、条料、板料、管子等坯料弯曲成所需要的形状，叫做弯曲，也叫弯形。

弯曲是使材料发生塑性变形，因此，只有塑性较好的材料才能进行弯曲。图 12-13（a）所示为弯曲前的钢板，图 12-13（b）所示为弯曲后的理想状态。钢板弯曲后外层材料拉伸，如图 12-13（b）中的 e；内层材料缩短，如图 12-13（b）中的 a；中间有一层材料弯曲后长度不变，如图 12-13（b）中的 c。

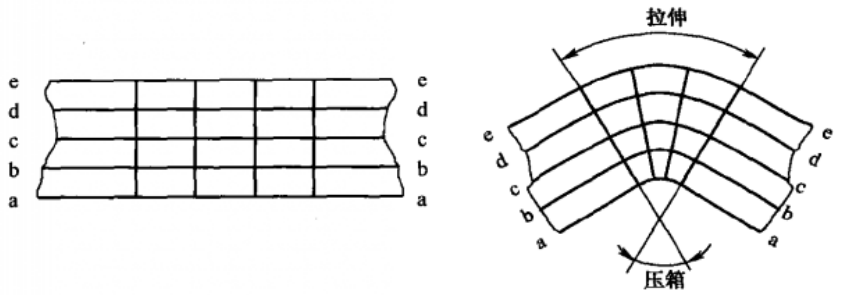
弯形时越靠近材料表面的金属变形越严重，也就越容易出现拉裂或压裂现象。

（2）弯曲毛坯长度的计算

工件弯曲后，只有中性层长度不变，因此，计算弯曲工件毛坯长度时，可以按中性层的长度计算。应该注意的是，材料弯曲后，中性层一般不在材料的正中，而是偏向内层材料一边。经实验证明，中性层的实际位置与材料的弯曲半径 r 和材料厚度 t 有关。

若材料厚度不变时，弯曲半径越大，变形越小，中性层位置越接近材料厚度的几何中心；若材料弯曲半径不变时，厚度越小，变形越小，中性层就越接近材料厚度的几何中心，在不

同弯曲形状的情况下，中性层的位置是不同的，如图 12-14 所示。



（a）弯曲前　　（b）弯曲后

图 12-13　钢板弯曲前后变形情况

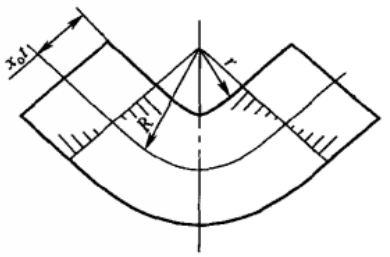


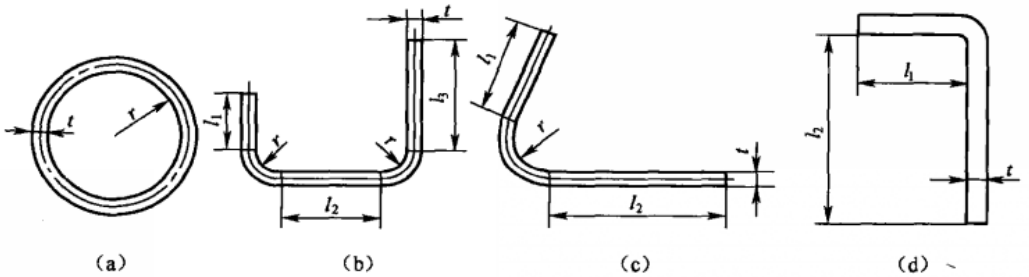
图 12-14　弯曲对中性层的影响

表 12-1 所列为中性层位置系数用 x_0 数值。从表中 r/t 的值可知，当弯形半径 $r/t \geqslant 16$ 时，中性层在材料中间（即中性层与几何中心重合）。在一般情况下，为简化计算，当 $r/t \geqslant 8$ 时，即可按 $x_0=0.5$ 进行计算。

表 12-1　　中性层位置系数 x_0

r/t	0.25	0.5	0.8	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	≥16
x_0	0.2	0.25	0.3	0.35	0.37	0.4	0.41	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.5

图 12-15 所示为常见的弯曲形式，其中（a）、（b）、（c）所示为内边带圆弧的弯曲，（d）所示为内边不带圆弧的直角弯曲。



（a）　　（b）　　（c）　　（d）

图 12-15　常见的几种弯曲形式

① 内边带圆弧的制件的毛坯长度的确定

如图 12-16 所示，内边带圆弧的制件的毛坯长度等于直线部分长度（不变形部分）和圆弧部分中性层长度（弯曲部分）之和。其中，圆弧部分中性层长度可按下列公式计算：

$$A=\pi（r+x_0t）\alpha/180°\qquad（公式\ 12\text{-}1）$$

式中，A——圆弧部分中性层长度，单位为 mm；

r——弯曲半径，单位为 mm；

x_0——中性层位置系数；

α——弯曲角，即弯曲中心角，单位为“°”。

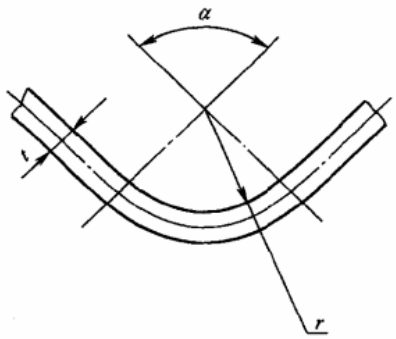


图 12-16　内边带圆弧的制件的毛坯长度的确定

【例 1】已知如图 12-17 所示为内边带圆弧的制件，弯形角α=120°。弯形半径 r= 16mm，材料厚度 t=4mm，边长 l_1=100mm，l_2=50mm，求毛坯总长度 L。

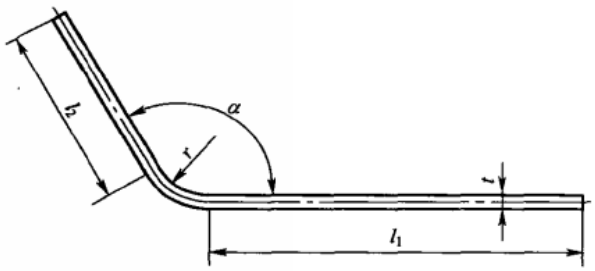


图 12-17　内边带圆弧的弯曲形式

解：依题中条件，r/t=16/4=4，根据表 12-1 可以查出 x_0=0.41；

根据圆弧部分中性层长度计算公式：

$$A=\pi（r+x_0t）\alpha/180°=3.14\times（16+0.41\times4）\times120°/180°\approx36.93mm;$$

则总长 $L=l_1+l_2+A$=100+50+36.93≈186.93mm。

② 内边成直角不带圆弧的制件的毛坯长度的确定

对于内边成直角不带圆弧的制件，求毛坯长度时，可按弯形前后毛坯体积不变的原理计算，一般采用经验公式计算：

$$A=0.5\,t\qquad（公式\ 12\text{-}2）$$

【例 2】在如图 12-15（d）中所示的内边弯成直角不带圆弧的制件中，已知 l_1=55mm，l_2=80mm，t=3mm，求毛坯总长度 L。

解：因该件为内边成直角不带圆弧的制件，计算其毛坯总长度 L 为：

$$L=l_1+l_2+A=l_1+l_2+0.5t=55+80+0.5\times3=136.5mm$$

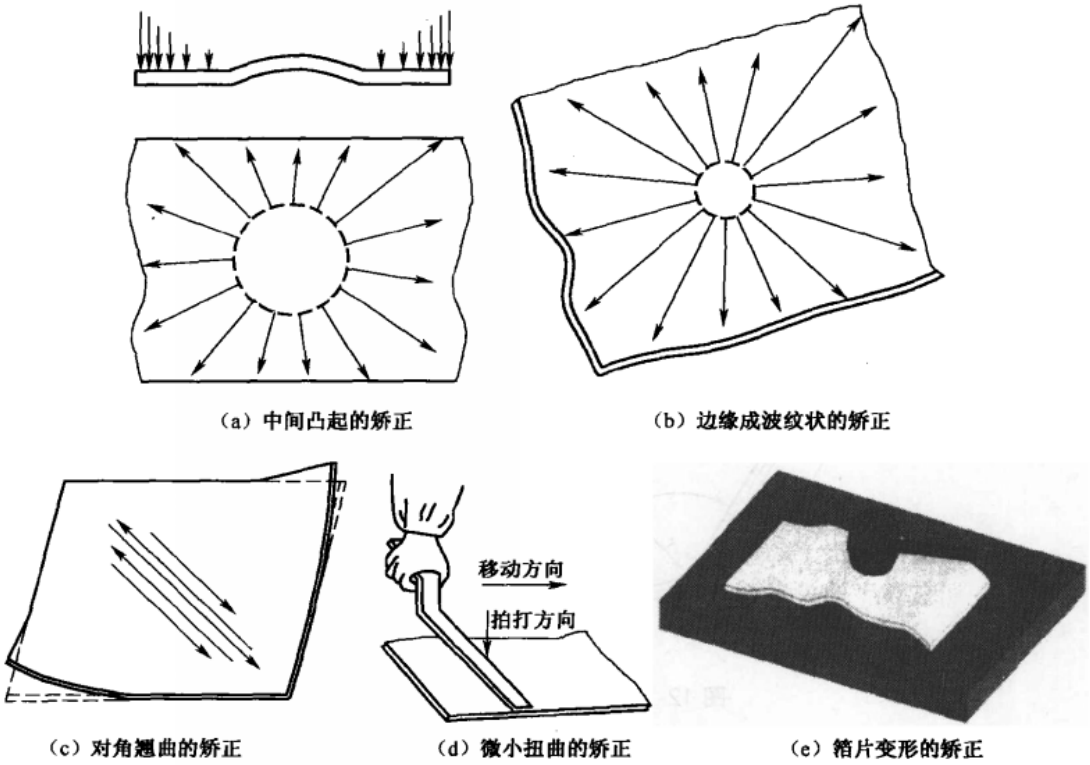
上述毛坯长度的计算结果中，由于材料本身性质的差异和弯形工艺、操作方法的不同，还会与实际弯形工件毛坯长度之间有误差。因此，成批生产时一定要用试验的方法，反复确定毛坯的准确长度，以免造成成批废品。

知识点二　手工矫正的方法

1．延展法

金属薄板（一般指厚度小于 4mm 的板料）通常产生的变形有 3 种：中部凸凹、边缘呈波

浪形以及翘曲等变形。这类的变形常采用延展法对工件进行矫正，当然，不同的变形，矫正的部位是有区别的，如图 12-18 所示。



（a）中间凸起的矫正　（b）边缘成波纹状的矫正　（c）对角翘曲的矫正　（d）微小扭曲的矫正　（e）箔片变形的矫正

图 12-18　延展法矫正

（1）薄板中间凸起

薄板中间凸起，是由于变形后中间材料变薄引起的。矫正时可锤击板料的边缘，使边缘材料延展变薄，厚度与凸起部位的厚度越趋近则越平整。图 12-18（a）中箭头所示方向即为锤击位置。锤击时由里向外逐渐由轻到重，由稀到密。如果直接锤击凸起部位，则会使凸起的部位变得更薄，这样不但达不到矫正的目的，反而使凸起更为严重。如果薄板表面有相邻几处凸起，应先在凸起的交界处轻轻锤击，使几处凸起合并成一处，然后再锤击四周而矫平。

（2）薄板四周呈波浪形

如果薄板四周呈波浪形，这说明板料四边变薄而伸长了，如图 12-18（b）所示。锤击时应从中间向四周，按图中箭头所示方向，密度逐渐变稀，力量逐渐减小，经过反复多次锤打，使板料平整。

（3）薄板对角翘曲

薄板发生对角翘曲时，就应沿另外没有翘曲的对角线锤击，使其延展而矫平，如图 12-18（c）所示。

（4）薄板有微小扭曲

薄板有微小扭曲时，可用抽条从左到右顺序抽打平面，因抽条与板料接触面积较大，受

力均匀，容易使板料平整，如图 12-18（d）所示。

（5）板料是铜箔、铝箔等薄而软的材料

板料是铜箔、铝箔等薄而软的材料时，可用平整的木块在平板上推压材料的表面，使其平整，也可用木锤或橡皮锤锤击，如图 12-18（e）所示。

（6）用氧—乙炔焰切割下的板料

用氧—乙炔焰切割下的板料，其边缘在气割过程中冷却较快，收缩严重，造成切割下的板料不平。这种情况也应按 12-18（a）所示锤击板料边缘，使其得到适量的延展。锤击点在边缘处重而密，第二、第三圈应轻而稀，逐渐使其平整。

2．扭转法

扭转法是用来矫正条料扭曲变形的方法，一般将条料装夹在台虎钳上，用扳手把条料扭转到原来形状，如图 12-19 所示。

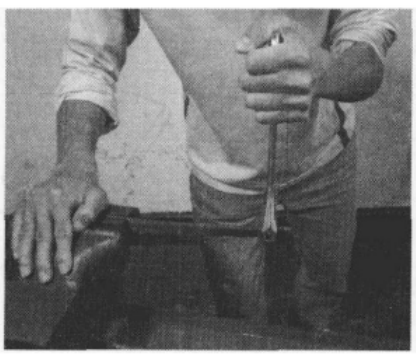


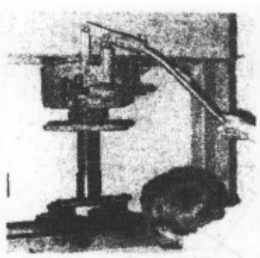
图 12-19　扭转法矫正条料

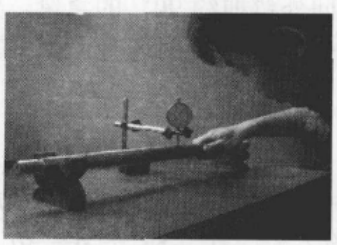
3．弯形法

弯形法用于矫正各种弯曲的轴类零件，可将零件装夹在台虎钳上用扳手矫正。对于直径较大的轴类零件，则用压力机矫正如图 12-20（a）所示。矫正前，先把轴架在两块 V 形架上，V 形架距离可按需要调整。将轴转动，用粉笔或记号笔画出弯曲部位，然后转动压力机的螺杆，使压块压在圆轴凸起部位。为了消除因弹性变形所产生的回弹，可适当压过一些，然后保持一定的时间，最后用百分表检查轴的矫正情况，如图 12-20（b）所示，边矫正，边检查，直至符合要求为止。

4．伸张法

伸张法是用来矫正各种细长线材的方法，其方法比较简单。只要将线材的一端固定，然后从固定处开始，将弯曲的线材绕圆木一周，紧握圆木向后拉，使线材在拉力作用下绕过圆木得以伸长并矫直。图 12-21 所示为用伸张法矫直线材。





（a）用弯形法矫正弯曲的轴类零件　（b）百分表检查轴的矫正情况

图 12-20　弯形法矫正

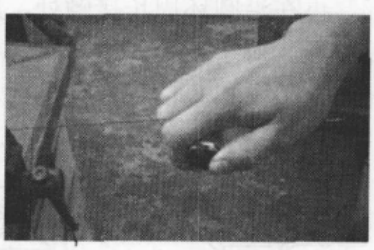


图 12-21　用伸张法矫直线材

知识点三　矫正注意事项

（1）操作前应认真对所要使用的工具如台虎钳、铁砧、平板、手锤、紫铜锤、木锤等逐一检查，消除安全隐患。

（2）对已加工工件表面矫正要垫上硬木或用软锤矫正。

（3）勤检查、测量，避免矫过或出现废品。

知识点四　弯曲的步骤和方法

1．板料、条料的弯曲

用金属板料、条料弯曲的形状常有直角形、弓形、圆弧形及咬口等，下面仅以弯直角形、弓形为例说明。

（1）弯直角形（见图 12-22）

弯直角形的小型零件时，可在台虎钳上用手工工具弯形。先在被弯部分划好线，将工件夹在台虎钳上，使尺寸线和钳口平齐，用木锤敲击工件根部，如图 12-22（a）所示，或用木垫与铁垫垫住再敲击垫块，直到弯曲，最后再整形。

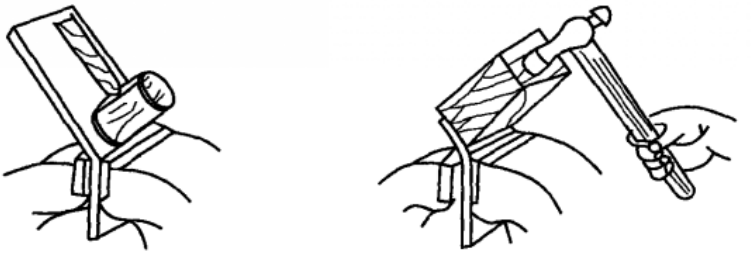


图 12-22　板料在台虎钳上弯直角

（2）弯直角弓形主件

弯直角弓形零件时，须先做一个与工件形状尺寸相当的胎具（见图 12-23），再按弯直角形方法进行弯形，其步骤为：（a）→（b）→（c）→（d），参照图 12-23。

2．线材的弯曲

（1）用细金属丝弯圆环

常用的细金属丝一般是指直径在 4mm 以下的铁丝、铜丝、铝丝等。可以用圆嘴钳来弯曲金属丝圆环，如图 12-24 所示。用左手握牢金属丝，右手握钳子，先在金属丝的一端弯一个弧形，再在沿圆环周长接触处，用钳子向外弯曲约 90° 的急弯，然后再按圆环形状向里弯，最后整形。对于用金属线材（直径 4～9mm）弯制圆环时，由于其刚性和弹性较大，需借助台虎钳、手锤和芯轴等工具进行。

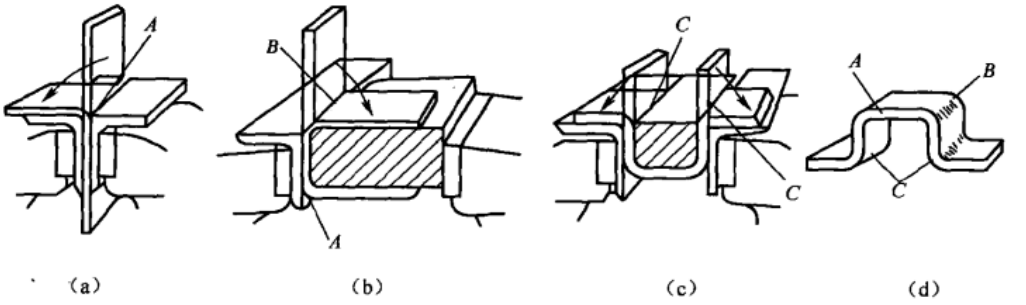


图 12-23　弯直角弓形

（2）手工盘绕圆柱形钢丝弹簧

其方法如下。

① 将钢丝一头穿入绕制工具的芯轴的槽内或小孔内，预绕半圈使其固定。然后把钢丝夹在台虎钳的木钳口上，钳口的夹紧力以钢丝能被拉动为度。如图 12-25 所示。

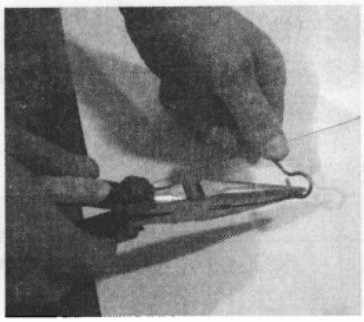


图 12-24　用金属丝弯圆环

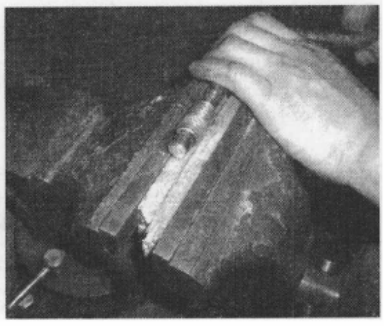


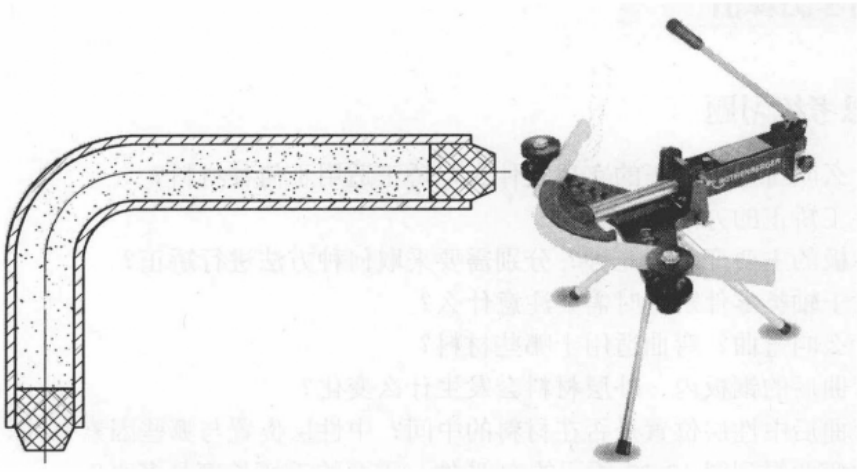
图 12-25　手工盘绕弹簧

② 摇动绕制工具的手柄，使芯轴按要求方向边绕变前进，即可绕出弹簧。

③ 当绕制圈数达到要求后，再绕 2～3 圈后，将弹簧从芯轴上取下，截断后握出两端的挂钩即可。

3．管子的弯曲

弯管子的方法有冷弯和热弯两种。管径在 20mm 以下可采用冷弯法；管径大于 20mm 时应采用热弯法。使用弯管机弯管时，管径可适当大一些，但管子的最小弯曲半径都必须大于管径的 4 倍。弯有缝的管子时，焊缝必须置于中性层位置上，如图 12-26 所示。



（a）管子内装满烘干的沙子　　（b）弯管器弯管子

图 12-26　管材弯曲

（1）热弯法热弯管子时，应先在管子内装满、灌实已烘干的沙子，管子两端用木塞塞紧（木塞上留小气孔，便于排气）。在弯曲部位用湿粉笔作好标记，再用火加热弯曲部位。加热后取出，放在弯管器上，如图 12-26（a）所示进行弯曲。

（2）用冷弯法冷弯管子可在台虎钳上（小直径管子）或在弯管器上进行，如图 12-26（b）所示。弯管子前可在管内装满干沙，两端用木塞塞紧，把管子放在弯管器上，扳动手柄慢慢弯曲即可。

知识点五　弯曲注意事项

（1）操作前要认真仔细地对使用的台虎钳、铁砧、平板、手锤、铜锤、木锤等逐一进行检查，消除不安全因素。

（2）工作中要按正确方法精心操作，仔细检查，校正计算尺寸，避免出现废品。

（3）选好弯管方法，标明管子焊缝位置时，一定放在中性层位置上弯管。

（4）做好场地准备，配备有关防护品（防护眼镜、手套等）。注意握手锤的手不准戴手套。

（5）弯曲产生废品的原因及预防（见表 12-2）。

表 12-2　　弯曲时产生废品的原因及防止方法

序号	废品形式	报废原因	防止方法
1	工件断裂	弯曲次数太多，材料的塑性较差，弯曲半径太小或弯曲线位置选择不适当	尽量减少弯曲次数，选择塑性好的材料，按规定选最小弯曲半径，正确选择弯曲位置
2	工件歪斜或尺寸不准	工件夹持不正、不牢固，锤击偏向一边，或用模具不正确，锤击力过重；毛坯尺寸计算错误	选用正确的工具、模具，夹持工件要正确牢固，锤击力要适当，计算毛坯尺寸时要细心，校正准确
3	有瘪痕和焊缝裂开	没有灌满沙或弯曲半径小，由于重新弯曲引起瘪痕，焊缝没放在中性层位置上	灌满沙子，最好一次弯成功。把焊缝放在中性层位置上，按规定选择最小弯曲半径
4	管子熔化或表面严重氧化	对管子加热不均匀，加热温度过高	在加热时要经常翻动工件，加热的温度控制在 700℃左右

项目学习评价

一、思考练习题

（1）什么叫矫正？矫正的实质是什么？矫正适用于何种材料？

（2）手工矫正的方法有几种？

（3）薄板的主要变形有几种？分别需要采取何种方法进行矫正？

（4）对于轴类零件矫正时需要注意什么？

（5）什么叫弯曲？弯曲适用于哪些材料？

（6）弯曲后的钢板内、外层材料会发生什么变化？

（7）弯曲后中性层位置是否在材料的中间？中性层位置与哪些因素有关？

（8）欲弯曲得到图 12-27 所示的 U 形件，需要的毛坯长度是多少？

（9）弯曲管子时要注意什么？

（10）弯曲产生废品的原因是什么？如何预防？

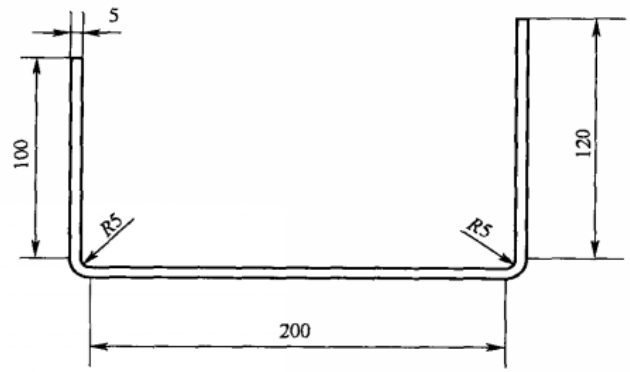


图 12-27　题（8）图

二、自我评价、小组互评及教师评价

评价方面	项目评价内容	分值	自我评价	小组互评	教师评价	得分
理论知识	① 熟知标准麻花钻的结构，能迅速判断出普通麻花钻切部分的五刃六面成及切削角度	10				
	② 会判断标准麻花钻的刃磨质量	10				
	③ 掌握钻削用量的选取方法、原则	10				
	④ 掌握铰削用量的选取方法、原则	10				
实操技能	① 能正确使用钻床，重点是台钻和摇臂钻的操作方法；掌握一般的钻孔方法步骤，对深孔加工有一定的了解	20				
	② 掌握标准麻花钻的修磨方法	10				
	③ 掌握整体式圆柱铰刀的使用方法，并能用它进行铰孔，对可调式铰刀和圆锥铰刀的使用有初步的了解	20				
学习态度	① 学习努力	5				
	② 学习技能积极肯干	5				
安全文明生产	按规范进行操作					

三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

项目十三　铆 接 加 工

项目情境创设



通俗地讲，铆接就是指两个厚度不同或相同的板材，通过在其部位上打洞，然后将铆钉放进去，用铆钉枪将铆钉铆死，而将两个板或物体连接在一起的方法。使用铆钉连接两件或两件以上的工件叫铆接。如图 13-1 所示。

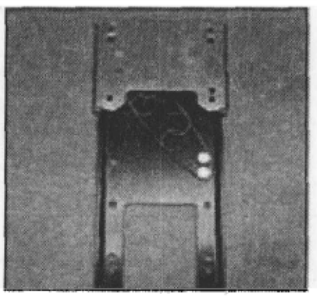


图 13-1　铆接实物图

项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 铆接工具的认知 ② 铆钉及铆钉种类的认知	理论讲授、实训操作	2
知识目标	① 铆接的种类 ② 铆钉用通孔直径的选择	理论讲授	2

项目基本功

一、项目基本技能

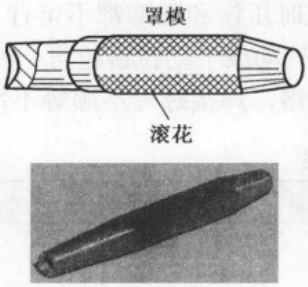
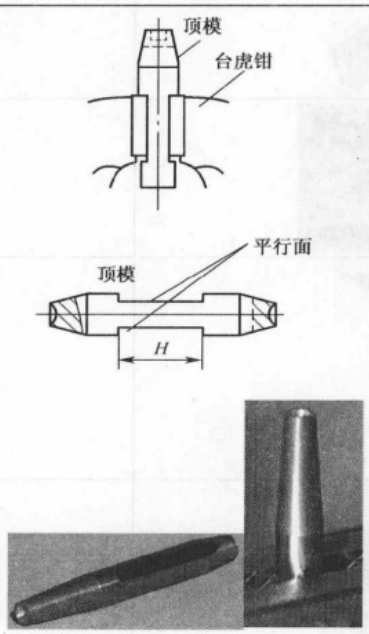
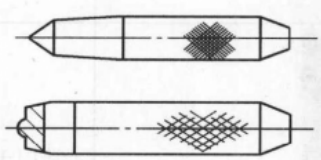
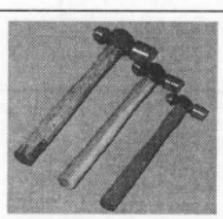
任务一　铆接工具的认知

在铆接中铆钉是如何被铆紧的？一般说 10mm 薄板件连接的常用冷铆。冷铆有手工铆和专用铆枪铆接的两种方法。

钳工常用的铆接工具，如表 13-1 所示。特别是在厚板材连接中热铆是应用较为广泛的方法，常用专用铆枪进行铆接，其实物图如表 13-2 所示。它们的共同特点是：结构简单，连接可靠，操作简便。

1．钳工常用的铆接工具

表 13-1　　钳工常用的铆接工具

序号	名称	图　　示	说明
1	罩模		（1）多为半圆头的凹球面，用于铆接半圆头铆钉。也有按平头铆钉的头部制成凹形的，用于铆接平头铆钉 （2）工作部分需要淬硬和抛光 （3）罩模的柄部为圆柱形，滚花部分是为了操作者能更好地握紧罩模 （4）罩模的作用是将铆钉的无帽部分，铆成半圆头或沉头形状
2	顶模		顶模的柄部制成两个平行的平面，可在台虎钳上稳固夹紧。顶模上端多为半圆头的凹球面，用于铆接半圆头铆钉。也有按平头铆钉的头部制成凹形的，用于铆接平头铆钉
3	铆接空心铆钉用的冲头		铆接空心铆钉用的冲头两个一组，一个制成顶尖形的，一个制成带圆凸形冲头
4	榔头		钳工用它产生打击力，将铆钉铆紧

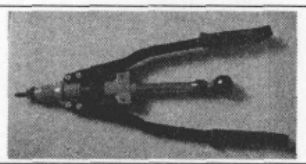
2．专用铆枪

为解决金属薄板、薄管焊接螺母易熔，攻内螺纹易滑牙等缺点，人们开发了拉铆枪，它

可铆接不需要攻内螺纹，不需要焊接螺母的拉铆产品，铆接牢固效率高、使用方便。拉铆枪用于各类金属板材、管材等制造工业的紧固铆接，目前广泛地使用在汽车、航空、铁道、制冷、电梯、开关、仪器、家具、装饰等机电和轻工产品的铆接上。

拉铆枪的用途：如果某一产品的螺母需装在外面，而里面空间狭小，无法让压铆机的压头进入进行压铆，且无法达到强度要求的时候，这时压铆和涨铆都不可行。必须用拉铆适用于各厚度板材、管材（0.5～6mm）紧固领域。使用气动或手动拉铆枪可一次铆固，方便牢固；取代传统的焊接螺母，弥补金属薄板，薄管焊接易熔，焊接螺母不顺等不足。

表 13-2　　铆枪的种类

名称	图示	说明
手动拉铆枪（单把）		冷铆
手动拉铆枪（双把）		冷铆
气动拉铆枪		冷铆
液压拉铆枪		冷铆
风动铆枪		热铆（常用于大型钢梁、造船业和钢结构施工中）

任务二　常用的铆钉和铆钉种类的认知

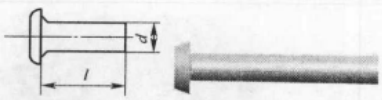
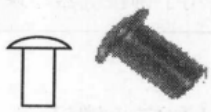
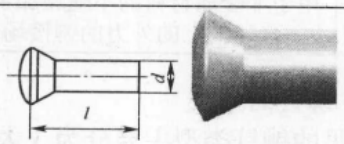
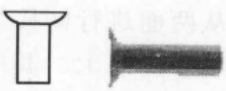
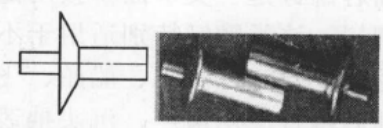
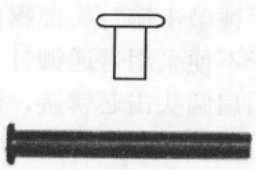
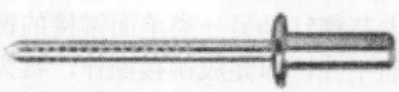
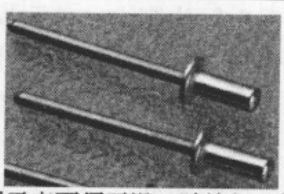
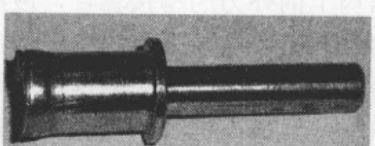
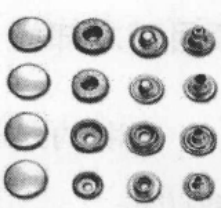
1．铆钉

在铆接中，利用自身形变或过盈连接被铆接件的零件，称为铆钉。

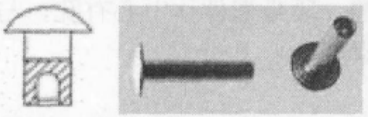
铆钉种类很多，而且不拘形式，如表 13-3 所示。常用的有半圆头、平头、沉头铆钉、抽

芯铆钉、空心铆钉，这些通常是利用自身形变连接被铆接件的（一般小于 8mm 的用冷铆，大于 8mm 的用热铆）。但也有例外，比如锁上的铭牌，就是利用铆钉与锁体孔的过盈量铆接的。另外还有对插铆钉，比较特殊，分为两部分，较粗的一段带帽杆体中心有孔，与较细的另一段带帽杆体是过盈配合。铆接时，将细杆打入粗杆即可。

表 13-3　　铆钉及应用

形式	铆钉图示及用途	形式	铆钉图示及用途
实心铆钉	 半圆头式：用于承受较大横向载荷的铆接，应用最广	实心铆钉	 平头式：用于受载荷大的铆接
	 平锥头式：用于承受较大横向载荷，并有腐蚀性介质的铆接		 半沉头式：多用于薄板中表面要求光滑、受载荷不大的铆接
	 沉头式：用于表面须平滑、受载不大的铆接		 击芯铆钉：适用于表面需要平滑的铆接的场合
	 扁平头式：用于金属薄板、皮革、塑料、帆布等的铆接		 开口型扁圆头抽芯铆钉：应用最广，沉头抽芯铆钉，适用于表现需要平滑的铆接场合。封闭型抽芯铆钉：适用于要求随较高施加于机械或结构上的外力和具有一定密封性能的铆接场合
沉头、1200沉头铆钉	 主要用于表面须平滑，随施加于机械或结构上的外力不大的铆接场合	半沉头、1200半沉头铆钉	 主要用于表面须平滑，随施加于机械或结构上的外力不大的铆接场合
空心铆钉	 空心铆钉：用于随施加于机械或结构上的外力不大的非金属材料的铆接场合	空心铆钉	 纽扣铆钉：用于衣物的装饰

续表

形式	铆钉图示及用途	形式	铆钉图示及用途
半空心铆钉	 扁圆头式：用于受施加于机械或结构上的外力小的铆接	扁平头铆钉	 扁平头式：用于金属薄板或非金属材料受施加于机械或结构上的外力小的铆接
管状铆钉	 用于非金属材料的不随施加于机械或结构上的外力的铆接场合	标牌铆钉	 主要用于铆接机器、设备等上面的铭牌

2．铆钉的分类

常见的铆钉类型主要分为 3 大类：抽芯铆钉、击芯铆钉和实心铆钉。

（1）抽芯铆钉

抽芯铆钉是一类单面铆接用的铆钉，但须使用专用工具——拉铆枪（手动、电动）进行铆接。这类铆钉特别适用于不便采用普通铆钉（须从两面进行铆接）的铆接场合，故广泛用于建筑、汽车、船舶、飞机、机器、电器、家具等产品上。其中，以开口型扁圆头抽芯铆钉应用最广，沉头抽芯铆钉适用于表现需要平滑的铆接场合，封闭型抽芯铆钉适用于要求随较高施加于机械或结构上的外力和具有一定密封性能的铆接场合。

（2）击芯铆钉

击芯铆钉是另一类单面铆接的铆钉。铆接时，用手锤敲击铆钉头部露出钉芯，使之与钉头端面平齐，即完成铆接操作，甚为方便。特别适用于不便采用普通铆钉（须从两面进行铆接）或抽芯铆钉（缺乏拉铆枪）的铆接场合。通常应用扁圆头击芯铆接，沉头击芯铆钉适用于表面需要平滑的铆接的场合。

（3）实心铆钉

实心铆钉常用的有半圆头、平头、沉头铆钉。半圆头铆钉主要用于随较大横向施加于机械或结构上的外力的铆接场合，应用最广。平锥头铆钉由于钉头肥大，能耐腐蚀，常用于船壳、锅炉水箱等腐蚀强烈的铆接场合。沉头、1200 沉头铆钉主要用于表面须平滑，随施加于机械或结构上的外力不大的铆接场合。半沉头、1200 半沉头铆钉主要用于表面须平滑，随施加于机械或结构上的外力不大的铆接场合。平头铆钉用于随一般施加于机械或结构上的外力的铆接场合。扁平头、扁圆头铆钉主要用于金属薄板或皮革、帆布、木料等非金属材料的铆接场合。大扁平头铆钉主要用于非金属材料的铆接场合。

二、项目基本知识

知识点一　铆接的方式和种类

1．铆接的方式

按铆接的方式不同，铆接有热铆、冷铆和混合铆 3 种方式。

（1）热铆接

热铆为形状锁紧连接，一般用直径大于 10mm 的钢铆钉，需将铆钉加热到一定温度，然后再进行铆接。两人具体操作时，将铆钉加热到 1000～1100℃，一人用铁钳子将热铆钉放到铆钉孔中，另一人利用风动或液动铆枪进行热铆，钉杆上的单位捶击力大约为 650～800MPa。

铆钉加热后塑性好，容易成形，而且冷却后铆钉杆收缩，还可以加大结合强度。热铆时需将铆钉孔直径放大 0.5～1mm，使铆钉在热态时容易插入铆钉孔。

热铆接一般用于大型钢结构的连接中。

（2）冷铆接

冷铆铆接时，铆钉不需加热，可直接用于连接加工。冷铆为力锁紧连接，直径小于 10mm 的铆钉可在常温下冷铆，用于不太重要的或受载不大的连接。

（3）混合铆

铆接时，只需要将铆钉的铆合头端部加热。对于细长的铆钉，采用这种方法可以避免铆接时铆钉杆的弯曲。

2．铆接的种类

（1）铆接的分类

按铆接使用要求的不同可分为两类。

① 固定铆接其结合部分固定不动，如图 13-2 所示的螺栓槽、锯弓就采用了固定铆接。

② 活动铆接其结合部分可以相互转动，如图 13-3 所示的划规就采用活动铆接。

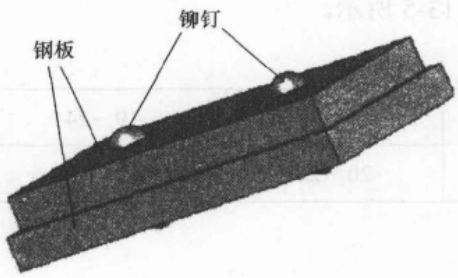


图 13-2　固定铆接

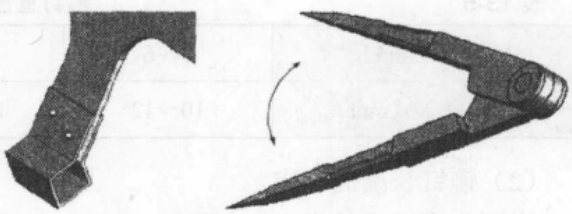


图 13-3　活动铆接

③ 固定铆接按用途和要求不同又可分为 3 种不同的类型，其分类见表 13-4。

表 13-4　　固定铆接的分类

铆接类型	应用场合
强固铆接	应用于结构需要有足够的强度、承受强大的作用力的地方，如桥梁、车辆和起重机等
紧密铆接	应用于低压容器装置，只能承受很小的均匀压力，但接缝处非常严密，能有效防止渗漏，如水箱、油罐等
强密铆接	能承受很大的压力，而且接缝处非常紧密，即使在较大压力下液体或气体也不易渗漏，一般应用于锅炉、高压容器等

（2）铆接的结合形式

铆接件的结合形式有搭接连接、对接连接和角接连接等，如图 13-4（a）、图 13-4（b）、图 13-4（c）所示。

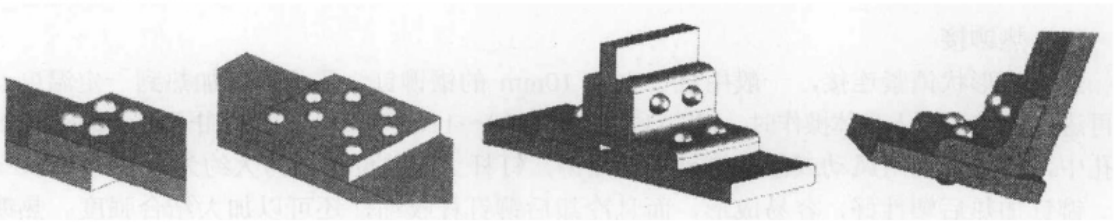


图 13-4　铆接的结合形式

3．铆接的基本要求

（1）铆接的材料与规格尺寸必须符合设计要求。铆钉孔的加工应符合有关标准规定。

（2）铆接时不得损坏被铆接零件的表面，也不得使被铆接的零件变形。

（3）除有特殊要求外，一般铆接后不得出现松动现象，铆钉的头部必须与被铆接零件紧密接触，并应光滑圆整。

知识点二　铆钉的相关计算与通孔直径的选择

1．铆钉相关计算

（1）铆钉直径确定

铆钉直径的大小与被连接板的厚度、连接形式以及被连接板的材料等多种因素有关。当被连接板厚度相同时，铆钉直径等于板厚的 1.8 倍；当被连接板厚度不相同，搭接连接时，铆钉直径等于最小板厚的 1.8 倍。标准铆钉直径，如表 13-5 所示。

表 13-5　　铆钉直径的选择

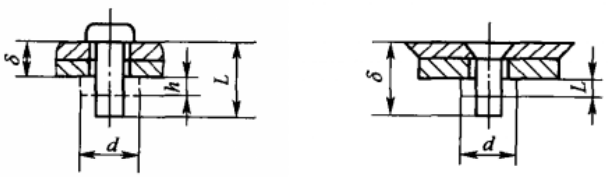
板厚 δ/（mm）	5～6	7～9	14～18	19～24
铆钉直径 d/（mm）	10～12	14～25	20～22	27～30

（2）铆钉长度的确定

半圆头铆钉杆长度 L：$L=\sum\delta+(1.25\sim1.5)d$

沉头铆钉杆长度 L：　$L=\sum\delta+(0.8\sim1.2)d$

式中，$\sum\delta$为铆接件总厚度，d 为铆钉直径，如图 13-5 所示。



(a) 半圆头铆钉杆长度　　(b) 沉头铆钉杆长度

图 13-5　铆钉长度的确定

2．铆钉孔直径的确定

铆接时，铆钉孔直径的大小应随着连接要求不同而有所变化。如孔径过小，铆钉插入困难；孔径过大，铆合后工件容易松动。合适的铆钉孔直径（d_h），应参见表 13-6 选取。

表 13-6　　铆钉用通孔直径（GB152.1—88）　　单位：mm

铆钉直径 d	0.6	0.7	0.8	1	1.2	1.4	1.6	2	2.5	3	3.5	4	5
钉孔直径 d_h（精装配）	0.7	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	5.2
铆钉直径 d	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
钉孔直径 d_h（精装配）	6.2	8.2	10.3	12.4	14.5	16.5	—	—	—	—	—	—	—
钉孔直径 d_h（粗装配）	—	—	11	13	15	17	19	21.5	23.5	25.5	28.5	32	38

知识点三　铆接的步骤和常用铆钉的铆接工序

1．铆接前的准备工作

（1）被铆接物体的固定

将要铆接的板料表面清理干净后，用 C 形夹或其他工具夹持固定。

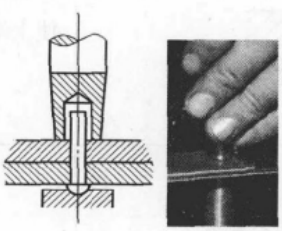
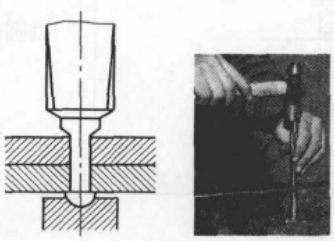
（2）划线钻孔

划好线，打好样冲，进行钻孔。

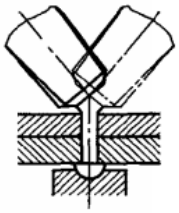
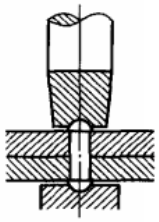
2．铆接工序

（1）半圆头铆钉的铆接工序如表 13-7 所示。

表 13-7　　半圆头铆钉的铆接工序

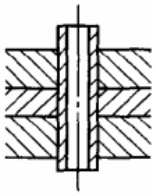
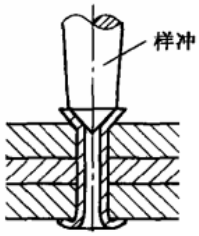
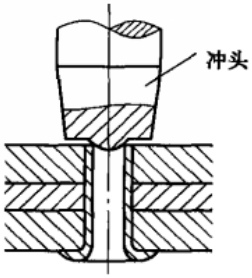
序号	项目	图示	说明
1	装入铆钉		把选好的铆钉装入铆钉孔中
2	压紧压料		（1）将顶模置于垂直而稳定的位置 （2）将铆钉半圆头与顶模凹圆相接触 （3）用压紧冲头压紧板料
3	镦粗铆钉		用手锤锤打铆钉的伸出部分，使其镦粗

续表

序号	项目	图示	说明
4	初步成形		用手锤适当斜着均匀锤打周边，初步锤打成形
5	成形		用适当的罩模铆打成形，不时地转动罩模，垂直锤打

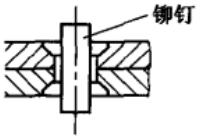
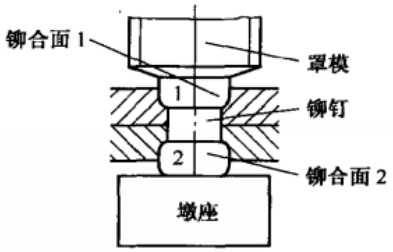
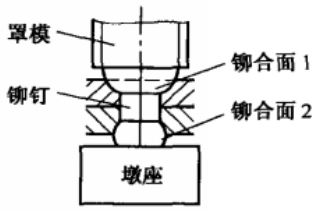
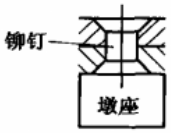
（2）空心铆钉的铆接工序如表 13-8 所示。

表 13-8　　空心铆钉的铆接工序

序号	项目	图示	说明
1	装入铆钉		把选好的铆钉装入铆钉孔中，有头那一端向下，垫好
2	初步成形		将样冲对准铆钉，用手锤打击样冲，使上端撑开与铆接件相接触
3	成形		用圆凸冲头将其头部冲成形

（3）沉头铆钉的铆接工序如表 13-9 所示。

表 13-9　　沉头铆钉的铆接工序

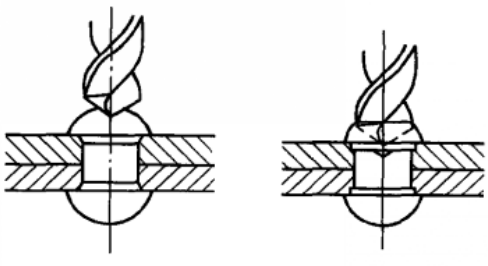
序号	项目	图示	说明
1	装入铆钉		把选好的铆钉装入铆钉孔中
2	镦粗铆钉		在被铆接件下支承好淬火平铁后，在正中镦粗铆合面
3	铆合面 1		铆合面 1
4	铆合面 2		铆合面 2
5	成形		用平头冲子修整成形

3．铆接结束后，要认真检查铆接是否符合要求

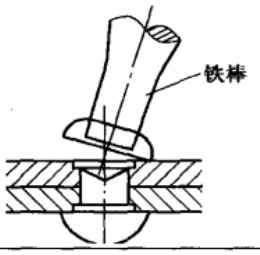
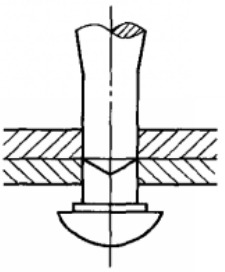
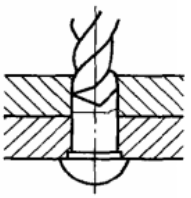
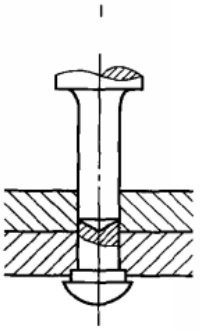
知识点四　铆钉的拆卸步骤和方法

在实际工作中我们也会遇到拆卸铆钉的工作，如何拆卸铆钉如表 13-10 所示。

表 13-10　　铆钉的拆卸步骤和方法

序号	项目	图示	说明
1	半圆头铆钉的拆卸		（1）将铆钉头的顶部略微敲平或锉平 （2）用样冲冲出中心眼，钻孔深度为铆合头高度

续表

序号	项目	图示	说明
1	半圆头铆钉的拆卸		（3）用一铁棒插入孔中，将铆钉头折断
			（4）用冲头将铆钉冲出
2	沉头铆钉的拆卸		（1）先用样冲打出中心眼，再用比铆钉杆直径小 1mm 的钻头钻孔，其深度略超过铆钉头高度
			（2）用小于孔的冲头将铆钉冲出

知识点五　铆接时常见问题和防止方法

在铆接工作中常常出现铆接质量问题，如何防止如表 13-11 所示。

表 13-11　　铆接时常见问题和防止方法

序号	常见问题	产生原因	防止方法
1	铆合头偏歪	（1）铆钉太长 （2）铆钉歪斜，铆钉孔未对准 （3）镦粗铆合头时不垂直造成铆钉歪斜	（1）选择长度合适的铆钉 （2）铆钉孔要对准 （3）镦粗铆合头时要垂直

续表

序号	常见问题	产生原因	防止方法
2	铆合头不完整	铆钉太短	选择长度合适的铆钉
3	铆钉头不成半圆形	（1）开始铆接时钉杆弯曲 （2）铆钉杆未镦粗	（1）开始铆接时钉杆未垂直 （2）镦粗铆钉杆
4	工件之间有间隙	（1）工件连接面不平整 （2）压紧冲头未将板料压紧	（1）工件连接面要平整 （2）压紧冲头要将板料压紧

注意事项：

① 铆接零件和铆钉孔要清洁，钉孔要对准，被铆接零件应紧密贴合；

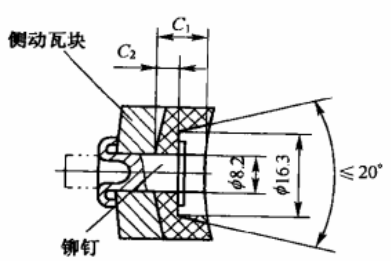
② 用机铆时，加压的压杆中心要与铆钉中心同心；

③ 采用热铆时，铆钉加热温度应准确，并迅速至工件，立即进行铆合。热铆的压力须维持一定冷却时间，使工件牢固紧密地结合。

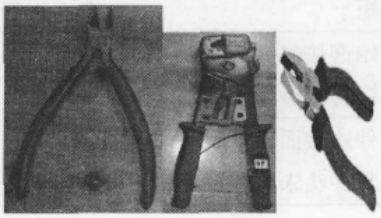
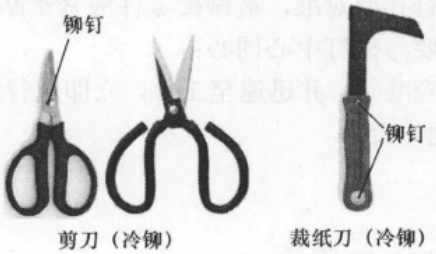
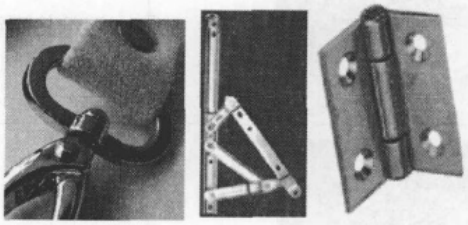
知识点六　铆接的应用场合

铆接应用的场合十分广泛，如表 13-12 所示。

表 13-12　　铆接的应用场合

铆接的应用场合	实物图	说明
工程铆接的应用		列车车厢的铆钉（热铆）
		钢结构用铆钉连接（热铆）
		桥梁用铆钉（热铆）
		刹车的制动瓦块（冷铆）

续表

铆接的应用场合	实物图	说明
工具中铆接的应用		钢丝钳（热铆再加工） 尖嘴钳（热铆再加工） 网线钳（热铆再加工） 用于夹持或弯折薄片形、圆柱形金属零件及切断金属丝，其旁刃口也可用于切断细金属丝
		现代剪刀从形状、材料、工艺、质量、品种、功用等都比古代的剪刀有了很大的改进 剪刀种类很多，制作材料主要是合金钢，一般由两部分组成——大拇指控制的活动刀锋，食指控制的静止刀锋，两部分由一颗铆钉固定。 裁纸刀（冷铆）
		修树子的剪刀（冷铆）
生活用具		钥匙扣（冷铆） 活动支架（冷铆） 合页（冷铆） 合页：一种用于连接或转动的装置使门，盖或其他摆动部件可借以转动，通常由铆钉连接的一对金属叶片组成。材质：铁、不锈钢、铜和铝

项目学习评价

一、思考练习题

（1）铆接作为一种连接形式，简述其特点和应用。
（2）铆接的结合形式有哪些？
（3）铆接有哪些基本要求？
（4）铆接的应用场合有哪些？

二、自我评价、小组互评及教师评价

评价项目	项目评价内容	分值	自我评价	小组互评	教师评价	得分
理论知识	① 铆接的种类	10				
	② 铆接的结合形式有哪些	10				
实操技能	① 铆钉的种类和用途	25				
	② 铆接的应用场合	25				
学习态度	① 出勤情况	5				
	② 车间纪律	5				
	③ 团队协作精神	5				
安全文明生产	① 工具的摆放和维护	10				
	② 工位的卫生情况	5				

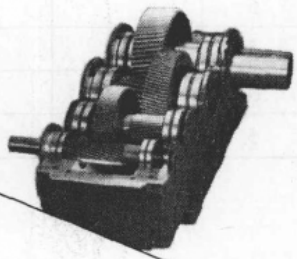
三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

项目十四　支撑件（滚动轴承）的装配和拆卸

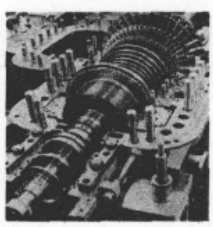
项目情境创设

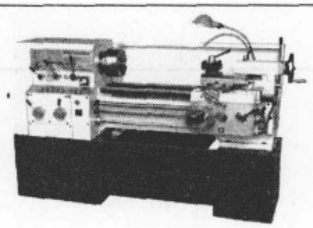






坦克、减速机、汽轮机、机床等设备，要想正常工作，都离不开支承部件的工作。支承零部件主要包含轴和轴承。轴的主要功用是支承旋转零件（如凸轮、齿轮、链轮、带轮等），并传递运动和动力。轴承的主要功用是支承轴，使其回转并保持一定的旋转精度，减少相对回转零件之间的摩擦和磨损。按轴承与轴之间的摩擦形式不同，轴承分为滑动轴承和滚动轴承。滚动轴承适用的范围十分广泛，一般速度和一般载荷的场合都可采用。滚动轴承有哪些种类？它上面标注的代号是什么意思？如何进行安装和拆卸？本项目重点介绍常见的滚动轴承及其组件的装配与拆卸。另外，在本项目里还将介绍一些机械装配的装配知识。





项目学习目标

	学习目标	学习方式	学时
技能目标	① 能正确使用轴承组件装配工具 ② 能正确安装轴承 ③ 能正确调整轴承组件 ④ 能正确拆卸轴承	现场教学，边学边练	8
知识目标	① 熟悉机械装配基本知识 ② 了解滚动轴承的相关知识，能看懂轴承代号 ③ 能讲清滚动轴承的密封方式 ④ 能讲清滚动轴承的润滑方式	知识讲授	4

项目基本功

一、项目基本技能

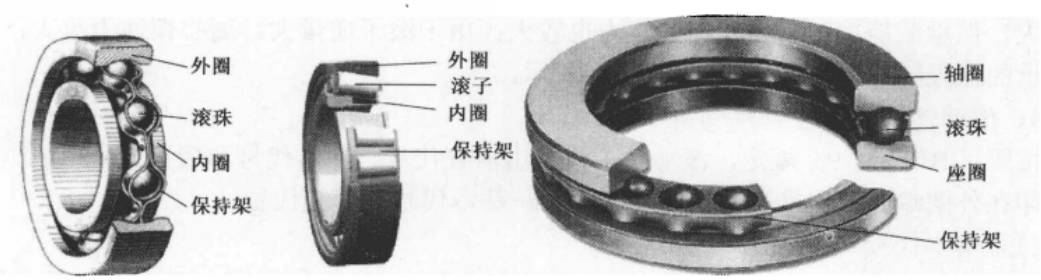
任务一　滚动轴承的认知

1．滚动轴承概述

滚动轴承是现代机器中应用广泛的部件之一，是各种机械的旋转轴或可动部位的支承元件。滚动轴承具有摩擦阻力小，功率损耗少，启动容易等优点。

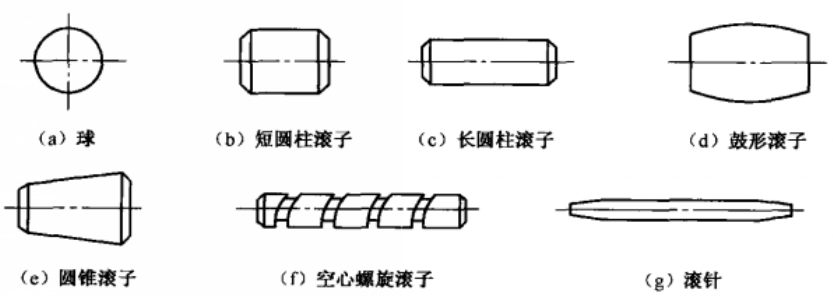
2．滚动轴承的主要结构及各部分作用

滚动轴承通常由外圈、内圈、滚动体、保持架 4 个主要部件组成，如图 14-1 所示。也有少数结构没有内圈、外圈或保持架。内圈用来和轴颈装配，外圈用来和轴承座或旋转件装配。当内外圈相对转动时，滚动体在内外圈滚道间滚动。滚动体是保证轴承内外套圈之间具有滚动摩擦的零件，它的形状，如图 14-2 所示。滚动体的大小和数量直接影响滚动轴承的负荷能力和使用性能。保持架的作用，是保持相邻的滚动体不发生直接接触，保证轴承的转动灵活。外圈、内圈、滚动体一般用轴承铬钢制造并经热处理，硬度一般不低于 HRC60，保持架常用低碳钢、铜合金、铝合金或酚醛胶布制成。



（a）向心球轴承　　（b）圆锥滚子轴承　　（c）推力轴承

图 14-1　滚动轴承的结构



（a）球　（b）短圆柱滚子　（c）长圆柱滚子　（d）鼓形滚子

（e）圆锥滚子　（f）空心螺旋滚子　（g）滚针

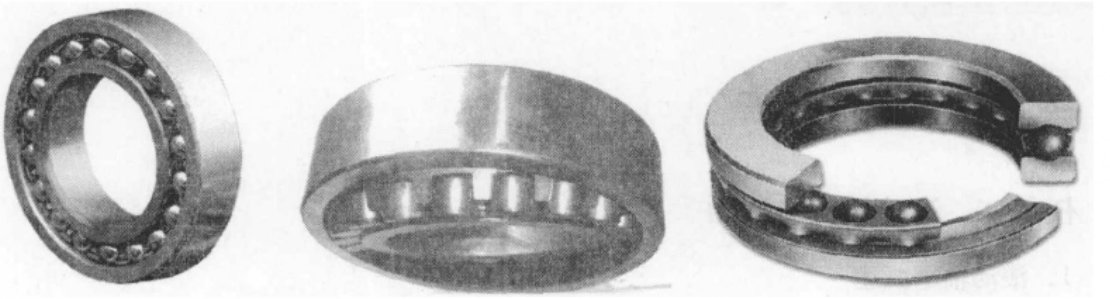
图 14-2　常用的滚动体

3．滚动轴承的主要类型

（1）按照轴承承受外载荷的方向分类

按照轴承承受外载荷的方向不同，滚动轴承可概括地分为向心轴承［见图 14-3（a）］、向

心推力轴承［见图 14-3（b）］和推力轴承［见图 14-3（c）］的三大类。



（a）向心轴承　　（b）向心推力轴承　　（c）推力轴承

图 14-3　滚动轴承的主要类型

（2）按滚动体形状分类

滚动体形状影响着轴承的承载能力和性能，轴承按滚动体形状可分为两大类。

① 球轴承

滚动体是球形，它与轴承套圈之间是点接触，摩擦小，承载能力和承受冲击的能力也较小；由于球的质量小，离心惯性力也小，因而这类轴承的极限转速较高。如图 14-3（a）和图 14-3（c）所示。

② 滚子轴承

滚动体是滚子，其形状有圆柱、圆锥、鼓形和滚针等。它与轴承套圈之间是线接触，摩擦力大，但承载能力和承受冲击的能力也较大；由于滚子质量大，离心惯性力也大，因而这类轴承的极限转速较低。如图 14-3（b）所示。

4．滚动轴承的代号

按照 GB/T 272-93 规定，滚动轴承代号由前置代号、基本代号和后置代号组成。代号一般刻印在外圈端面上，排列顺序是前置代号—基本代号—后置代号。

（1）基本代号

基本代号由类型代号、尺寸系列代号和内径代号 3 部分组成。排列顺序是“类型代号”+“尺寸系列代号”+“内径代号”。

① 类型代号用一位数字或字母表示，见表 14-1。

表 14-1　　轴承类型代号

代号	轴承类型	代号	轴承类型
0	双列角接触球轴承	N	圆柱滚子轴承
1	调心球轴承		双列或多列用字母“NN”表示
2	调心滚子轴承和推力调心滚子轴承	NA	滚针轴承
3	圆锥滚子轴承	U	四点接触球轴承
4	双列深沟球轴承		
5	推力球轴承		
6	深沟球轴承		
7	角接触球轴承		
8	推力圆柱滚子轴承		

② 尺寸系列代号由轴承的宽（高）度系列和直径系列代号组合而成，用两位数字表示，如表 14-2 所示。宽（高）度系列表示内径、外径相同，宽（高）度不同，由 8 到 6 依次增宽，其承载能力也依次增加。直径系列表示同一内径不同的外径，由 7 到 5 外径依次增大，其承载能力也依次增加，详见表 14-2。

表 14-2　　尺寸系列代号

类别			向心轴承								推力轴承			
系列			宽度系列								高度系列			
尺寸			宽度尺寸依次递增								高度尺寸依次递增			
序列号			8	0	1	2	3	4	5	6	7	9	1	2
直径系列	外径尺寸依次递增	7			7		7							
		8	—		8	8	8	8	8	8				
		9	—	9	89	9	9	9	9	9				
		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		1	—	01	11	21	31	41	51	61	71	91	11	
		2	82	02	12	22	32	42	52	62	72	92	12	22
		3	83	03	13	23	33				73	93	13	23
		4	—	04	—	24	—	—	—	—	74	94	14	24
		5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	95	—	—

类型代号和尺寸代号组合在一起，称为组合。表 14-3 所示为常用的组合代号，表中括号内代号常可省去。

表 14-3　　组合代号

类型代号	宽度系列代号	直径系列代号	组合代号	类型代号	宽度系列代号	直径系列代号	组合代号
1	(0)	2	12	6	(0)	2	62
2	2	2	222	6	(0)	3	63
3	0	2	302	6	(0)	4	64
3	0	3	303	7	(1)	0	70
5	1	2	512	7	(0)	2	72
5	1	3	513	7	(0)	3	73
5	2	2	522	N	(0)	2	N2

③ 内径代号表示轴承的内径尺寸，用两位数字表示，见表 14-4。

表 14-4　　轴承内径代号

轴承内径	内径代号	示例
0.6～10（非整数）	用内径毫米数直接表示，在其与尺寸系列代号之间用“/”分开	深沟球轴承 618/2.5，d=2.5 mm
1～9（整数）	用内径毫米数直接表示，对于深沟球轴承及角接触球轴承 7、8、9 直径系列，内径与尺寸系列代号之间“/”用分开	深沟球轴承 618/5，d=5 mm

续表

轴承内径		内径代号	示例
10～17	10 12 15 17	00 01 02 03	深沟球轴承 6200， d=10 mm
20～480 （22.28、32 除外）		内径除以 5 得的商数，商数为个数需在商数前面加“0”，如：08	调心滚子轴承 23208， d=40 mm
≥500 及 22.28、32		用内径毫米数直接表示，在其与尺寸系列代号之间用“/”分开。	调心滚子轴承 230/500，d=500 mm 深沟球轴承 62/22，d=22 mm

（2）前置、后置代号

前置、后置代号是轴承在结构形状、尺寸、公差、技术要求等方面有改变时，在其基本代号前后增加的补充代号。

前置代号在基本代号的前面用字母表示，具体内容可查阅《机械设计手册》。

后置代号在基本代号的后面用字母或字母加数字表示，为补充说明代号。常用的有：

① 轴承内部结构代号如 C、AC、B 分别表示内部接触角α=15°、25°、40°。

② 轴承公差等级代号，其精度顺序为/P0、/P6、/P6X、/P5./P4./P2，其中，/P2 级为最高精度，/P0 级为普通级，不标出。

③ 轴承游隙：/C1./C2./C0、/C3./C4./C5，依次递增，/C0 为常用的基本组，不标出。

轴承代号举例：

【例 1】解释轴承代号“6204”的含义。

6——轴承类型为深沟球轴承；

（0）2——尺寸系列代号，宽度系列代号为 0（可省略），2 为直径系列代号；

04——内径代号，其内径为 d=20mm。

【例 2】解释轴承代号“72211AC”的含义。

7——轴承类型为角接触球轴承；

22——尺寸系列代号，宽度系列代号为 2，直径系列代号为 2；

11——内径代号，其内径为 d=55mm；

AC——接触角α=25°，精度为 P0 级。

5．滚动轴承的配合与选用

滚动轴承是标准件，其内径和外径在出厂时均已确定。因此，内圈与轴颈采用基孔制配合，外圈与轴承座孔采用基轴制配合，配合的松紧程度由轴和轴承孔的尺寸公差来保证。

滚动轴承选择时，一般要考虑载荷的大小、方向和性质，转速，调心要求，装拆方便及经济性等。一般情况下，轴承内圈随轴一起转动，外圈固定在轴承座里不动，所以，转动套圈要比固定套圈配合得紧一些。因此，轴承内圈与轴颈一般选用 m5、m6、n6、p6、r6、js5 等较紧的配合；轴承外圈与座孔一般选用 J7、K7、M7、H7 等较松的配合。

轴和轴承座孔的公差等级要根据轴承精度来选，如 P4.、P5.级轴承选用 IT5 级轴和 IT6 级孔；P6、P0 级轴承选用 IT6 级轴和 IT7 级孔。

需要注意的是，主轴轴颈和轴承内外圈都有一定的制造误差，在装配时不可盲目安装，要先进行配选，以降低误差造成的影响，提高主轴部件的回转精度，而且还要便于安装和拆卸。

任务二　常用滚动轴承的装配和拆卸工具

滚动轴承的装配工具常用的有锤、铜棒、锉刀及一些辅助工具，同时还要配上内径千分尺（测量轴承内圈内径和轴承座内径）、外径千分尺（测量轴承外圈外径和轴外径）。拆卸工具有压力机（如图 14-4 所示）、拉力器（如图 14-5 所示）。

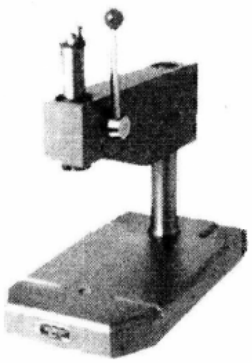


图 14-4　手扳压力机

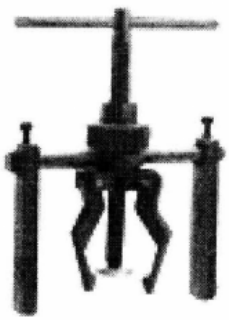


图 14-5　三脚轴承拉力器

二、项目基本知识

知识点一　机械装配的基本知识

按照规定的技术要求，将若干零件组合成组件或若干零件和部件组合成机器的工艺过程，称为装配。装配是产品制造过程的最后一道工序，是对机器设计和零件加工质量的一次总检验，对产品最终质量起着关键性的作用。机械装配过程对不仅对装配工人有较高的要求，同时，事先制定好装配工艺，安排好装配工艺过程也至关重要。

1．装配工艺过程

装配工艺过程一般可分为：装配前的准备；装配；调整、精度检验和试运行；涂装和装箱 4 个阶段。

（1）装配前的准备工作阶段

熟悉和研究产品装配图、工艺文件和技术要求，了解产品的结构、零件的作用以及相互连接关系。

要想做好机械装配，首先要熟悉所装配的机械设备，对设备的结构、功能、性能等有清晰的认识。同时，还要准备好相关的技术资料，主要有以下资料。

① 产品的装配图

装配图是表示机器或部件（统称装配体）的工作原理、各零件间的连接关系及装配关系等内容的图样，如图 14-6 所示。它能完整地反映产品上所需的零部件、标准件的数量及相互位置关系，装配时应保证的尺寸，配合间的配合性质及精度等级，装配技术要求等。看懂装配图是装配的前提。

② 产品零件图

如图 14-7 所示产品零件图，直接反映产品各零件形状、尺寸、公差要求等，阅读零件图便于对零件进行检验，避免不合格的零件装到产品上。装配零件图不是每件都必须的，

根据装配者对产品的熟悉程度不同，可以有选择地准备零件图。

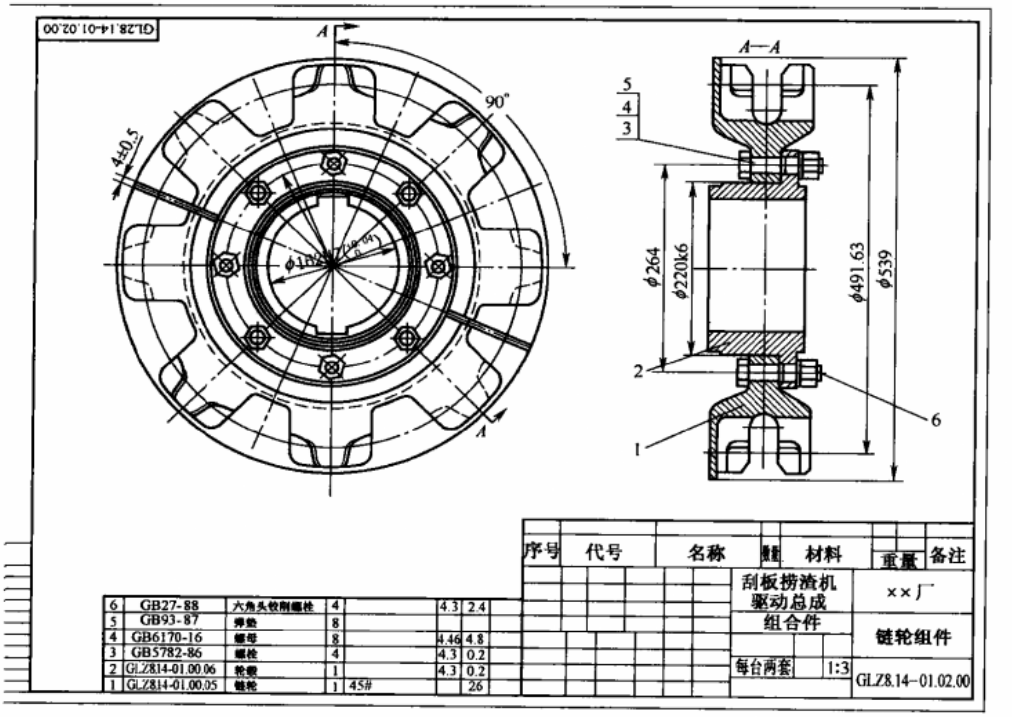


图 14-6　链轮组件装配图

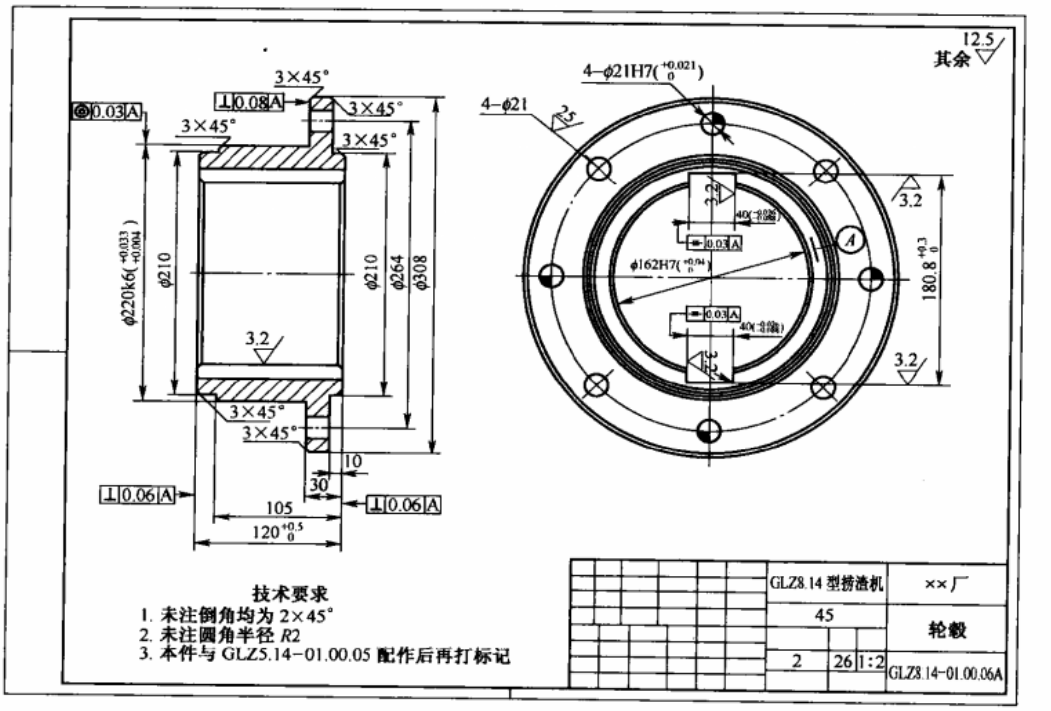


图 14-7　轮毂零件图

③ 产品的装配顺序图

如图 14-8 所示的装配顺序图（图中符号所代表含义见图 14-9），比较清晰地反映了各零

部件的装配顺序，为制订装配顺序和方法提供了依据。

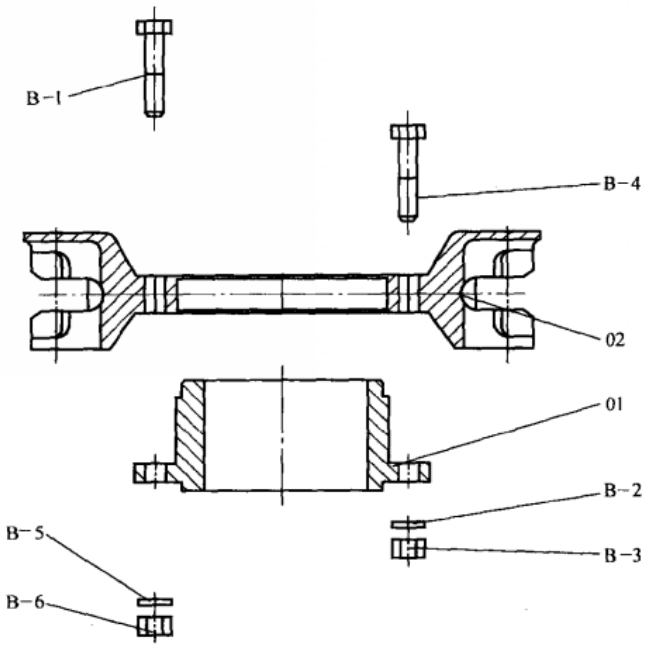


图 14-8　链轮组件的装配顺序图

④ 装配工艺系统图

表示装配单元的划分及其装配先后顺序的图称为装配工艺系统图，如图 14-9 所示。装配工艺系统图是根据装配工艺制定绘制的，根据该图，可以清楚地看出产品的装配过程，装配所需的零件名称、数量及编号，并可由此划分装配工序，起到指导和组织装配工艺的作用。

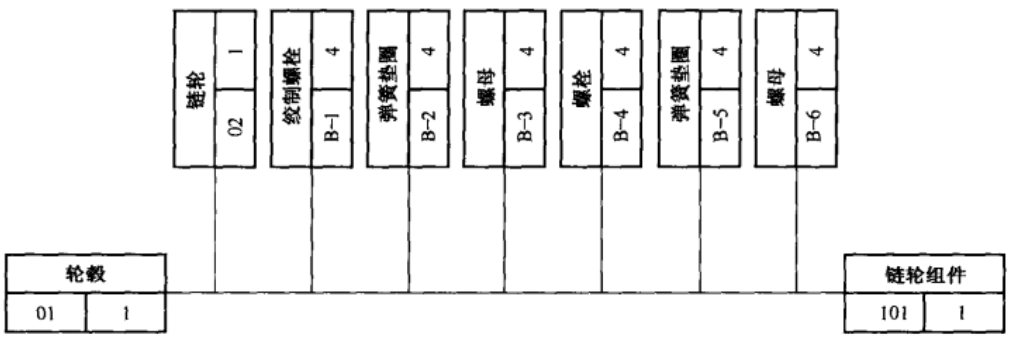


图 14-9　链轮组件的装配工艺系统图

⑤ 装配工艺卡片

在成批生产时，通常还配有部件、总装的装配工艺卡片，上面写明了工序次序、简要工序内容、设备名称、工夹具名称与编号、工人技术等级以及工时定额等内容。在大批量生产时，有时还配有更详细的装配工序卡，以直接指导工人进行装配。

⑥ 产品验收技术标准

对照装配图清点零件、外购件及标准件。

整理装配场地，准备装配所需要的工具、量具和辅助用品。工具选用要合适，还要检查

工具的良好性，以保证使用时的安全；量具要进行检查、校准；辅助用品要事先准备好，用时能及时拿到。

除此之外，还要对零件进行清理和清洗。

A．零件的清理有装配前清理、装配后清理和试运行后清理3种情况。

a．装配前，清除零件上残余的型砂、铁锈、切屑、研磨剂、油污等。特别是要仔细清理孔、沟槽及其他容易积存污物部位。某些非加工表面还需在清理后进行涂装。

b．装配后，必须清理装配中因配做、钻孔、攻螺纹等补充加工所产生的切屑。

c．试运行后，必须清理因摩擦而产生的金属微粒和污物。

零件的清理方法较多，通常清理型砂和铁渣，可用錾子、钢丝刷等工具。清理中还要用毛刷、皮风箱或压缩空气把零件表面清理干净。清理铁锈、干油漆可用刮刀、锉刀、砂布等。对于重要的配合表面，在进行清理时要避免划伤并注意保持其精度。

B．对零件的清洗。

a．常用的清洗剂有汽油、煤油、柴油和化学清洗液等，不同的清洗剂适用场合有所区别。

工业汽油主要用于清洗油脂、污垢和一般黏附的机械杂质，适用于清洗较精密的零部件。航空汽油用于清洗质量要求较高的零件。

煤油和柴油用途与汽油相似，但清洗能力不及汽油，清洗后干燥较慢，但相对安全。

化学清洗剂又称乳化剂，对油脂、水溶性污垢具有良好的清洗能力。这种清洗液配制简单、稳定耐用、安全环保、以水代油节约能源，如105清洗剂、6501清洗剂，可用于冲洗钢件上以全损耗系统用油为主的油垢和机械杂质。

b．零件的清洗方法：在单件和小批量生产中，常将零件置于清洗槽内用棉纱或泡沫塑料进行手工擦洗或冲洗；在成批大量生产中，则采用清洗机清洗零件。清洗时，根据需要可以采用气体清洗、浸脂清洗、流涂清洗、超声波清洗等。

c．清洗时的注意事项如下。

对于橡胶制品，如密封圈等零件，严禁用汽油清洗，以防橡胶件发胀变形，而应使用清洗剂进行清洗。

清洗零件时，可根据不同精度的零件，选用棉纱或泡沫塑料擦拭。滚动轴承不能使用棉纱清洗，以防止棉纱搅进轴承内，影响轴承装配质量。

零件在清洗工作后，应等零件上的油滴干后，再进行装配，以防油污影响装配质量。同时，清洗后的零件不应放置过长时间，防止污物和灰尘再次弄脏零件。

零件的清洗工作，根据需要可分为一次清洗和二次清洗。零件在第一次清洗后，应检查配合表面有无碰伤和划伤，齿轮的齿顶部分和棱角有无毛刺，螺纹有无损坏等。对零件的毛刺和轻微破损的部位可用磨石、刮刀、砂布、细锉刀进行修整。经过检查修整后的零件，再进行第二次清洗。

（2）装配工作阶段

拟定装配顺序，确定要采用的装配方法。

① 拟定装配顺序

对于装配工艺规程详尽的，按照装配技术资料进行装配。若装配工艺规程不详细，装配者要拟定装配顺序。拟定装配工序时，首先要对装配的产品划分成套件、组件、部件等装配单元。针对每一装配单元，要选定某一零件作为装配基准件。装配基准件通常应是产品的机体或主干零部件，应有较大的体积和重量，有足够的支承面，以满足陆续装入零部件时的作

业要求和稳定性要求。如图 14-8 所示，在实际工程中，为了便于更换链轮，常把链轮做成两半的，如图 14-6 所示。根据上述分析，本组件宜适用轮毂作为装配基准面。

综上所述：装配顺序一般按照先难后易、先内后外、先下后上，预处理工序在前。

② 装配方法的选用

为了合理解决装配精度与零件制造精度的关系，在生产中采用了不同的装配方法。其中，装配精度完全依赖于零件制造精度的装配方法是完全互换装配法，装配精度不完全取决于零件制造精度的装配方法有选择装配法、修配装配法和调整装配法。

A．完全互换装配法

配合件不经修配、选择或调整，装配后即可达到装配精度，这种装配方法称为完全互换装配法。此方法装配方便，生产效率高。适用于组成环（环——指的是装配尺寸链组成的环，详细内容可参考有关资料）。数少，精度要求不高的场合或大批量生产中。

B．选择装配法

选择装配法分直接选配法和分组选配法两种。常用的分组选配法，是将产品配合件按实测尺寸分成若干组，装配时按组进行互换装配以达到装配精度。此法的配合精度取决于分组数，增加分组数可以提高装配精度，适用于大批量生产中装配精度要求很高的场合。

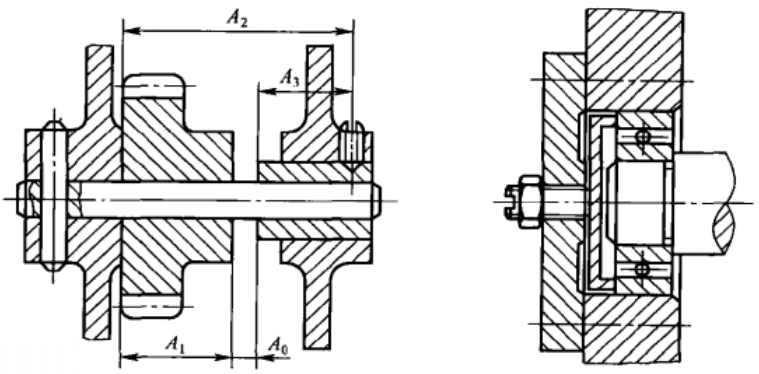
C．修配装配法

装配时，修去指定零件上的预留修配量，以达到装配精度的装配方法，称为修配装配法。此法装配周期长、效率低，适用于单件、小批量生产以及装配精度高的场合。

D．调整装配法

装配时，调整某一零件的位置或尺寸以达到装配要求的方法称为调整装配法。一般采用锥面、斜面、螺纹等移动可调整件的位置；采用调换垫片、垫圈、套筒等控制调整件的尺寸。此法维修方便、生产率低，除必须采用分组装配的精密配件外，可用于各种装配场合。调整装配法主要有可动调整和固定调整两种装配方法。

a．可动调整指用改变零件位置来达到装配精度的方法。采用此法可以调整由于磨损、热变形、弹性变形等所引起的误差。如图 14-10 所示，以套筒作为调整件，装配时使套筒沿轴向移动（即调整 A_3），直至达到规定的间隙为止。



（a）利用套筒调整　　（b）利用具有螺纹的端盖调整采用此法可以调整

图 14-10　可动调整法

b．固定调整法，指在尺寸链中选定一个或加入一个零件作为调整环，通过改变调整环尺

寸，使封闭环达到精度要求的方法。作为调整环的零件是以一定尺寸制作的一组专用零件，根据装配时的需要，选用其中一种作为补偿，从而保证所需的装配精度。图 14-11 所示为利用垫片来调整轴向配合间隙的方法。

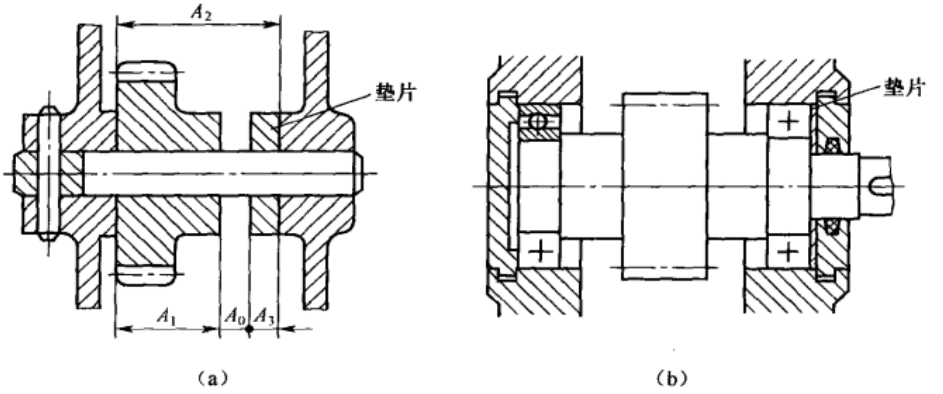


图 14-11　固定调整法

③ 部件装配和总装配

在装配准备工作完成之后，才开始进行正式装配。结构复杂的产品，其装配工作一般分为部件装配和总装配。

A．部件装配，指产品在进入总装配以前的装配工作。凡是将两个以上的零件组合在一起或将零件与几个组件结合在一起，成为一个装配单元的工作，均称为部件装配。

B．总装配，指将零件和部件组装成一台完整产品的过程。

在装配工作中需要注意的是，一定要先检查零件的尺寸是否符合图样的尺寸精度要求，只有合格的零件才能运用连接、校准、防松等技术进行装配。

（3）调整、精度检验和试运行阶段

① 调整工作是指调节零件或机构的相互位置、配合间隙、结合程度等，目的是使机构或机器工作协调，如轴承间隙、镶条位置、蜗轮轴向位置的调整。

② 精度检验包括几何精度和工作精度检验等，以保证满足设计要求或产品说明书的要求。

③ 根据需要，对旋转零件或部件进行平衡测试（静平衡或动平衡）及对要求密封的零件进行密封性测试。在此不再详述。

（4）涂装和装箱阶段

机器装配好之后，为了使其美观，防止其生锈和便于运输，还要进行喷漆、涂油和装箱等工作。

产品通常是在工厂中装配的。但在某些场合下，制造厂并不将产品进行总装，而是为了运输方便，在制造厂内只进行部件装配工作，总装则在工作现场进行，如重型机床、大型汽轮机、大型构件设备等。

2．装配的一般原则及注意事项

（1）仔细阅读装配图和装配说明书，并明确其装配技术要求。

（2）熟悉各零部件在产品中的功能。

（3）如果没有装配说明书，则在装配前应当考虑好装配的顺序。

（4）装配的零部件和装配工具都必须在装配前进行认真的清洗。

（5）必须采取适当的措施，防止脏物或异物进入正在装配的产品内。

（6）装配时必须使用符合要求的紧固件进行紧固。

（7）当拧紧螺栓、螺钉等紧固件时，必须根据产品装配要求使用合适的装配工具。

（8）如果零件需要安装在规定的位置上，那就必须在零件上做记号，且安装时还必须根据标记进行装配。

（9）装配过程中，应当及时进行检查或测量，其内容包括位置是否正确，间隙是否符合规格中的要求，跳动是否符合规格中的要求，尺寸是否符合设计要求，产品的功能是否符合设计人员和客户的要求等。

（10）装配过程中应注意安全，遵守各项操作规程。尤其是两个人或多人共同完成装配任务时，应注意相互之间的配合，必要时要有人统一指挥。

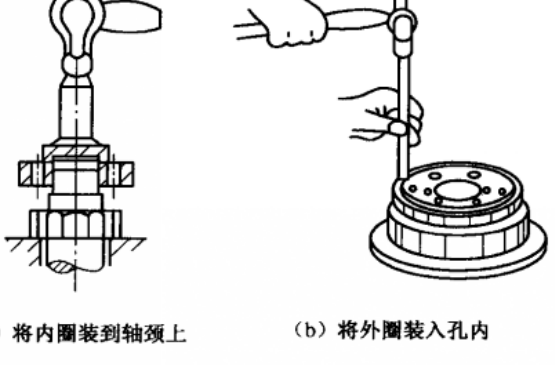
（11）装配完工后要注意清理装配场地，整理工具、量具、设备、辅具等，做到“人走场地清”。

知识点二　常用滚动轴承的装配步骤

在装配过程中应根据轴承的类型、尺寸大小和配合过盈量等因素确定装配步骤和装配方法。

1．滚动轴承的装配方法

滚动轴承的装配方法应视轴承尺寸大小和过盈量来选择。一般滚动轴承的装配方法有锤击法（见图 14-12）、压入法（见图 14-13）及温差法（见图 14-14）。



（a）将内圈装到轴颈上　　（b）将外圈装入孔内

图 14-12　锤击法装配滚动轴承

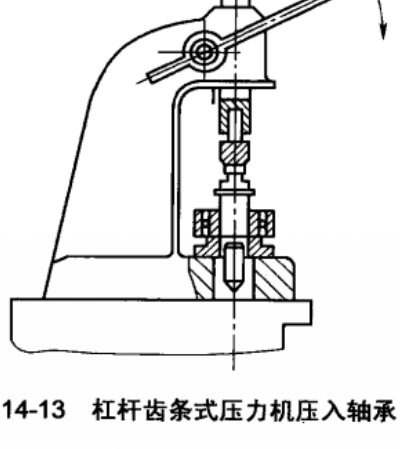


图 14-13　杠杆齿条式压力机压入轴承

（1）锤击法

锤击法指用锤子通过敲击加在轴承内外圈上的衬套或铜棒等将轴承装到轴上或者轴承座孔里的方法。该法一般用于装配尺寸较小和过盈量不大的轴承装配。如图 14-12 所示。

（2）压入法

如图 14-13 所示，指用螺旋或杠杆压力机等设备将轴承装到轴上或者轴承座孔里的方法。

（3）温差法

如图 14-14 所示，指利用物体受热膨胀、遇冷收缩的原理将轴承装到轴或者轴承座孔内

的方法。轴承与轴装配时，可对轴承进行加热，使其内圈膨胀后进行装配；或者用液态氮或干冰涂到轴颈上使其冷却收缩后进行装配。轴承与轴承座孔装配时，可将液氮或干冰涂到轴承外圈上使其冷却收缩后进行装配；也可对轴座孔进行加热，使其膨胀后进行装配。温差法常用于精密轴承或配合过盈量较大的轴承。采用温差法时加热温度不高于 100℃，冷却温度不低于–80℃。

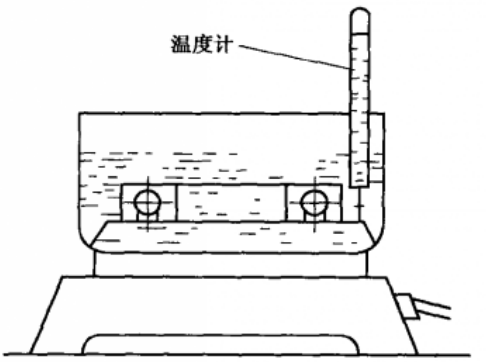


图 14-14　轴承加热

2．滚动轴承的装配步骤

（1）清洗轴承

如轴承用防锈油封存的，可用汽油或煤油清洗；如用原油或防锈脂封存的，可用矿物油加热溶解清洗（温度不超过 100℃）后再用煤油或汽油清洗；对于两面有防尘盖、密封圈或涂有防锈润滑两用油脂的轴承不需清洗。

（2）检查、测量

检查工件的轴颈和轴承座孔有无毛刺，若有，用锉刀等工具清除掉，同时还要检查轴承座上的润滑油槽是否合格。

一般滚动轴承内圈和轴颈为基孔制配合，外圈和轴承座孔为基轴制配合。用千分尺测量轴颈和轴承外圈、用内径百分表检查轴承内圈和轴套内孔的尺寸是否符合图纸装配要求，若不符合应修整工件或更换轴承（当轴承不符合要求时）。

（3）轴承的装配

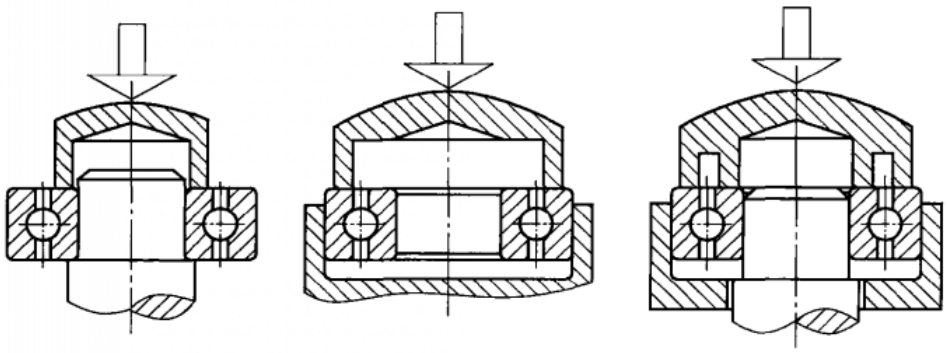
① 向心球轴承的装配

向心球轴承属内外圈不可分离的滚动轴承。常用的装配方法有锤击法和压入法。如果轴颈尺寸较大，过盈量也较大时，为装配方便可用温差法。

A．当轴承内圈与轴颈过盈配合、外圈与轴承座间隙配合时，可先将轴承安装在主轴轴颈上，然后将装好轴承的轴组件与轴承座组装。将轴承安装在主轴轴颈上时，应用套筒类工具垫在轴承内圈端面上，然后用锤敲击或用压力机压套筒，使轴承装配到位。如图 14-15（a）所示。

B．当轴承内圈与轴颈间隙配合、外圈与轴承座孔过盈配合时，可先将轴承安装在轴承座孔内，然后轴装入轴承内圈。将轴承装入轴承座内孔时，应用外径略小于轴承座内孔直径的套筒类工具垫在轴承外圈端面上，然后用锤敲击或用压力机压套筒，使轴承装配到位。如图 14-15（b）所示。

C．当轴承内圈与轴颈、外圈与轴承座孔均过盈配合时，采用能同时压轴承的内、外圈端面的专用套筒压在轴承的端面上，然后用锤敲击或用压力机压套筒，使轴承装配到位。如图 14-15（c）所示。



（a）将内圈装到轴径上　　（b）将外圈装入轴承孔内　　（c）将内外圈同时压入轴孔中

图 14-15　压入法装配滚动轴承

② 角接触球轴承或圆锥滚子轴承的装配

因角接触球轴承或圆锥滚子轴承的内、外圈可以分离，所以可以用锤击法、压入法或温差法将内圈装在轴颈上，用锤击法或压入法将外圈装到轴承孔内，然后调整游隙。方法同图 14-15（a）、图 14-15（b）。

③ 推力球轴承的装配

推力球轴承有松圈和紧圈之分，松圈的内孔比紧圈的大，故紧圈应靠在与轴相对静止的面上。如图 14-16 所示，右端的紧圈靠在轴肩端面上，左端的紧圈靠在圆螺母的端面上，装配时一定要注意不能装反。否则，滚动体丧失作用，同时还会加速配合零件间的磨损。

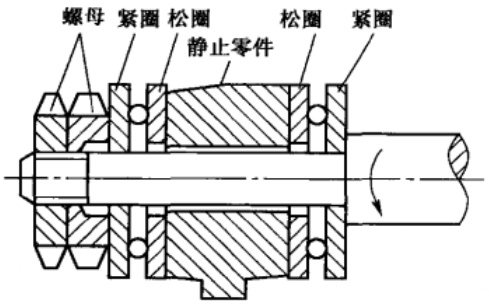


图 14-16　推力球轴承的装配

（4）轴承组件的固定

轴承正常工作时，不允许有径向跳动和较大的轴向移动，但又要保证不致因受热膨胀而卡死，所以要求对轴承进行合理的固定。对于向心轴承及向心推力轴承而言，轴承径向固定是靠轴承座的内孔与轴承外圈配合来保证的，而轴承的轴向固定要靠对轴承端面进行限位来实现。轴承的轴向固定主要有以下两种基本方式。

① 两端单向固定

轴的两个轴承分别限制一个方向的轴向移动，这种固定方式称为两端单向固定（如图 14-17 所示）。考虑到轴受热伸长，对于深沟球轴承可在轴承盖与外圈端面之间，留出热补偿间隙 c=0.2～0.4mm。这种支承结构简单，安装调整方便，它适用于工作温度变化不大的短轴。轴承采用两个调芯滚子轴承，如果齿轮轴受向左的轴向力作用，该力通过左端轴承的轴肩内圈、滚动体、外圈、轴承盖、螺钉传给机座至地面。沿轴向是固定的。右端也是如此。故称为两端单向固定支承。由于热膨胀，要留出热补偿间隙。

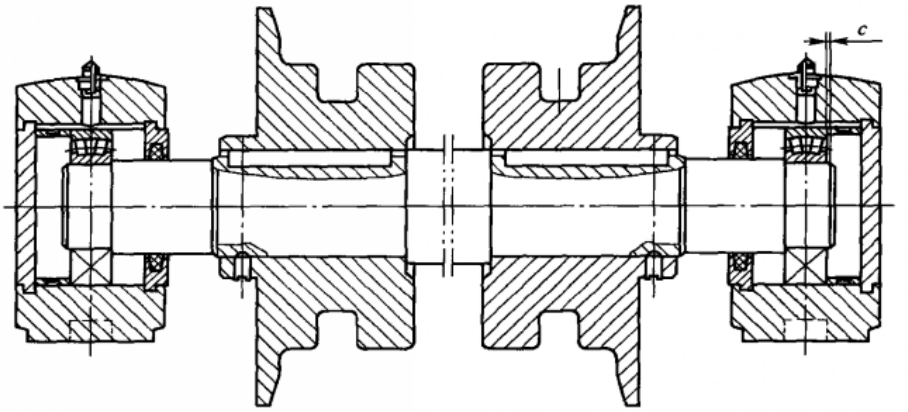


图 14-17　两端单向固定

② 一端双向固定，一端游动

一端支承的轴承，内、外圈双向固定，另一端支承的轴承可以轴向游动（见图 12-18）。双向固定端的轴承可承受双向轴向载荷，游动端的轴承端面与轴承盖之间留有较大的间隙，以适应轴的伸缩量，这种支承结构适用于轴的温度变化大和跨距较大的场合。轴承采用两个深沟球轴承，左端轴承的外圈双向固定，故称为双向固定。右端可以做轴向游动，游动的间隙必须固定，以免移动影响游隙量，致使旋转不灵。可做轴向游动的轴承只能使用 N、6 类轴承。如果齿轮轴受热膨胀时，只能向右游动，作热膨胀补偿，留有较大间隙。

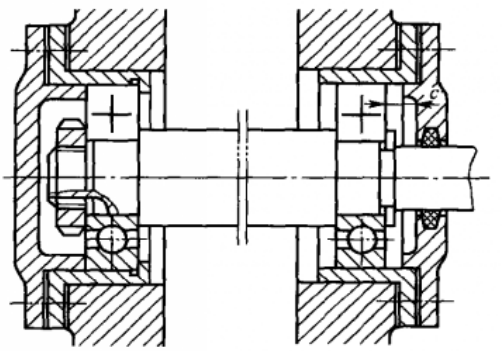


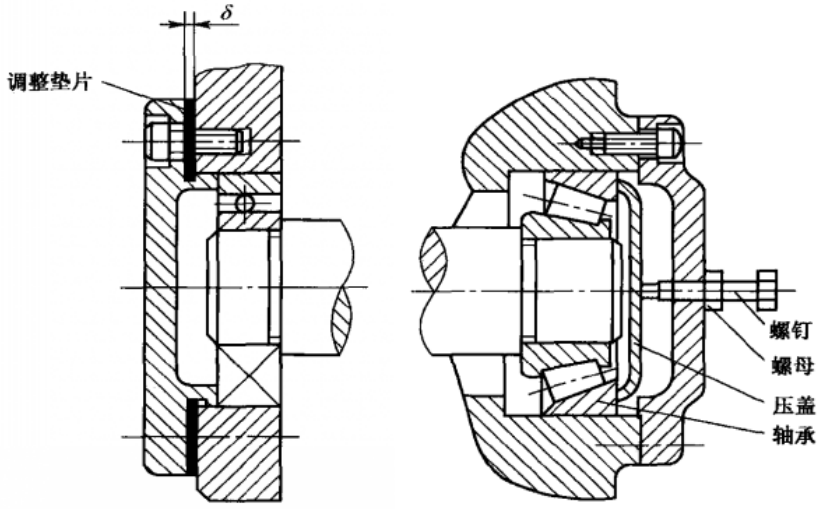
图 14-18　一端双向固定，一端游动

（5）调整滚动轴承的游隙

滚动轴承的游隙是指在一个套圈固定的情况下，另一个套圈沿径向或轴向的最大活动量，故游隙又分径向游隙和轴向游隙两种。一般机械中，安装轴承时均有游隙，但工作游隙过大，会使轴承内载荷不稳，运转时产生振动，精度和疲劳强度差，寿命短；工作游隙过小，运转时温度升得过高，会使轴承因产生“咬合”现象而损坏。滚动轴承的游隙调整方法有以下两种。

① 通过调整轴承盖与壳体端面间的垫片厚度，来调整轴承的轴向游隙，见图 14-19（a）。

② 通过调整螺钉调整。如图 14-19（b）的结构中，调整的顺序是：松开缩紧螺母→调整螺钉→拧紧螺母。



（a）用垫片调整　　（b）用螺钉调整

图 14-19　调整轴承游隙

（6）滚动轴承的润滑和密封

① 滚动轴承的润滑

滚动轴承润滑的目的：降低摩擦阻力、减少磨损，同时也有防锈、散热、吸振和降低接触应力等作用。当轴承转速较低时，可采用润滑脂润滑，其优点是便于维护和密封，不易流失，能承受较大载荷。缺点是摩擦较大，散热效果差。润滑脂的填充量一般不超过轴承内孔隙的 1/2～1/3，以免润滑脂太多导致摩擦发热，影响轴承正常工作。通常用于转速不高及不便于加油的场合。脂润滑可在轴承座上安装旋盖式油杯［如图 14-20（a）所示］或压注式油杯［如图 14-20（b）所示］，在不打开轴承座情况下给轴承加润滑脂。使用旋盖式油杯时，油杯要灌满润滑脂，杯盖灌 3/4 的润滑脂，然后旋到油杯上约 1/4 的量。为使得所加的润滑脂能到达轴承，要在轴承座上盖上开油槽，在轴承挡圈或轴承端盖上开孔或者槽，能使润滑脂通过。



（a）旋盖式油杯　　（b）压注式油杯　　（c）油杯装在轴承座上

图 14-20　油杯及与轴承座安装

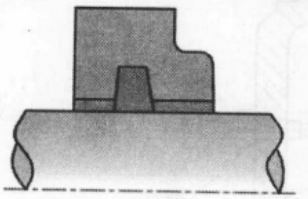
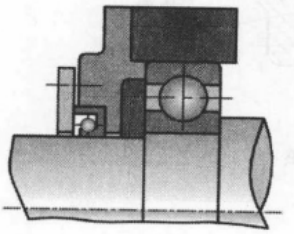
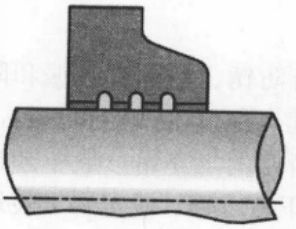
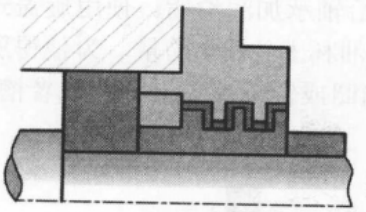
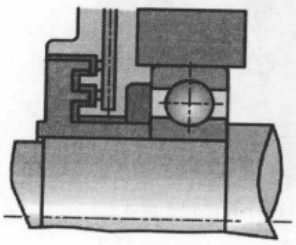
轴承的转速过高时，采用润滑油润滑，此处不再介绍。

② 滚动轴承密封

滚动轴承密封的目的：防止灰尘、水分和杂质等进入轴承，同时也阻止润滑剂的流失。良好的密封可保证机器正常工作，降低噪声，延长有关零件的寿命。密封方式分接触式密封

和非接触式密封，如表 14-5 所示。

表 14-5　　轴承的密封方式

简图	名称	特点及应用
	毛毡圈式密封	矩形毡圈压在梯形槽内与轴接触，适用于脂润滑，环境清洁，轴颈圆周速度 $v<4\sim5$m/s，工作温度<90℃的场合。结构简单，制作成本低
	皮碗式密封	利用环形螺旋弹簧，将皮碗的唇部压在轴上，左图中唇部向外，可防止灰尘入内；唇部向内，可防止润滑油泄漏。其适用于油润滑或脂润滑，轴颈圆周速度 $v<7$m/s，工作温度–40～100℃的场合。要求成对使用
	油沟式密封	在轴与轴承盖之间，留有细小的环形间隙，半径间隙为 0.1～0.3mm，中间填以润滑脂。适用于工作环境清洁、干燥的场合。密封效果较差
	迷宫式密封	在轴与轴承盖之间有曲折的间隙，纵向间隙要求 1.5～2 mm，以防止轴受热膨胀。适用于脂润滑或油润滑，工作环境要求不高，密封可靠的场合。结构复杂，制作成本高
	混合式密封	混合密封是将两种密封方式组合使用，其密封效果经济、可靠

（7）滚动轴承装配注意事项

① 滚动轴承上带有标记代号的端面立装在可见方向，以便更换时查对。

② 轴承装在轴上或装入轴承孔后，不允许有歪斜现象。

③ 同轴的两个轴承中，必须有一个轴承在轴受热膨胀时有轴向移动的余地。

④ 装配轴承时，压力（或冲击力）应直接加在待配合的套圈端面上，不允许通过滚动体传递压力。

⑤ 装配过程中应保持清洁，防止异物进入轴承内。

⑥ 装配后的轴承应运转灵活，噪声小，工作温度不超过50℃。

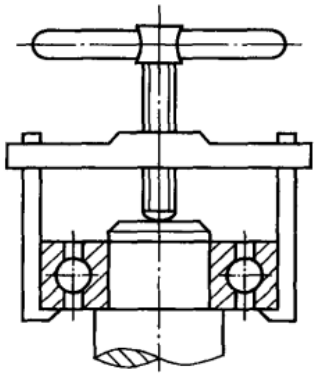


图 14-21　错误的轴承拆卸方法

知识点三　滚动轴承的拆卸要点

滚动轴承的拆卸方法与其结构有关。对于拆卸后还要重复使用的轴承，拆卸时不能损坏轴承的配合表面，不能将拆卸的作用力加在滚动体上。图 14-21 所示的方法是不正确。

圆柱孔轴承的拆卸，可以用压力法，也可以用拉拔法。

图 14-22 所示为用压力机拆卸圆柱孔轴承；图 14-23 所示为用拉拔器拆卸轴承。

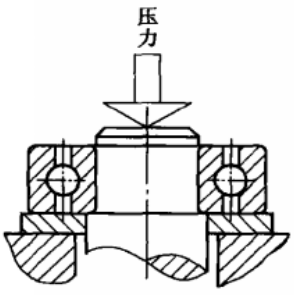


图 14-22　压力法拆卸轴承

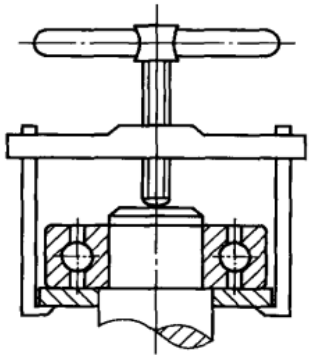


图 14-23　拉拔法拆卸轴承

项目学习评价

一、思考练习题

（1）什么是装配？产品的装配工艺过程分哪几个阶段？

（2）装配前要做哪些准备工作？

（3）机械装配要遵循哪些原则？注意哪些事项？

（4）常用的装配方法有哪些？

（5）滚动轴承通常哪些部件组成？各起什么作用？

（6）按照轴承承受外载荷的方向不同，滚动轴承可分为哪几种？滚动体形状影响着轴承的承载能力和性能，轴承按滚动体形状可分为哪两大类？

（7）说明下列代号的含义：

① 6210；② 3411；③ 7315C/P5；④ N2315。

（8）常用的滚动轴承的装配方法有哪些？

（9）轴承的轴向固定主要有哪两种基本方式？

（10）为什么要调整滚动轴承的游隙？如何调整？

（11）为什么要对滚动轴承进行润滑？如何润滑？

（12）滚动轴承的密封方式有哪些？各有什么特点？

（13）滚动轴承拆卸时要注意哪些事项？

二、自我评价、小组互评及教师评价

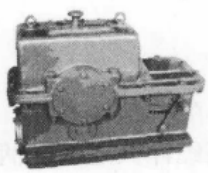
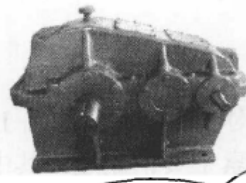
评价方面	项目评价内容	分值	自我评价	小组互评	教师评价	得分
理论知识	① 熟悉机械装配基本知识	15				
	② 了解滚动轴承的相关知识，能看懂轴承代号	15				
	③ 能讲清滚动轴承的密封方式	5				
	④ 能讲清滚动轴承的润滑方式	5				
实操技能	① 能正确使用轴承组件装配工具	10				
	② 能正确安装轴承	15				
	③ 能正确调整轴承组件	10				
	④ 能正确拆卸轴承	10				
学习态度	① 学习努力	5				
	② 学习技能时积极肯干	5				
安全文明生产	按规范进行操作	5				

三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	

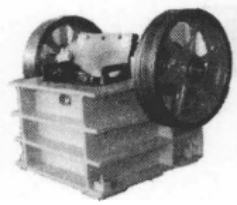
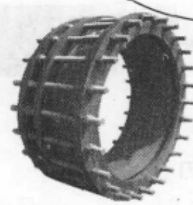
项目十五　连接件的装配与拆卸

项目情境创设


由零部件组成设备离不开连接。连接件是将两个或两个以上的零件连成一体的组合结构。因机器是由零件组成的，故工业上广泛应用着各种连接。那么常见的连接方式有哪些呢？

那么如何进行连接？各种连接件在进行连接时应注意些什么呢？本项目重点介绍螺纹连接、键连接和销连接。

根据被连接件的相对位置关系，连接分为静连接和动连接。被连接件相对位置不发生变动的连接，称为静连接；被连接件相对位置可发生变动的连接，称为动连接。

根据连接的可拆性，连接分为可拆连接和不可拆连接。可拆连接是指当拆开连接时，无需破坏或损伤连接中的任何零件；不可拆连接是指当拆开连接时，至少要破坏或损伤连接中的一个零件。

项目学习目标

学习目标		学习方式	学时
技能目标	① 能正确使用装拆工具 ② 能根据拆装工艺进行螺纹连接件的拆装 ③ 能根据拆装工艺进行键连接件的拆装 ④ 能根据拆装工艺进行销连接件的拆装	现场实物教学，学生边学边练	10
知识目标	① 会选择螺纹连接防松措施 ② 会制订成组螺钉（螺母）拧紧顺序 ③ 会根据相关手册确定螺纹连接的拧紧力矩 ④ 会制订各种连接件的拆装工艺	知识讲授	6

项目基本功

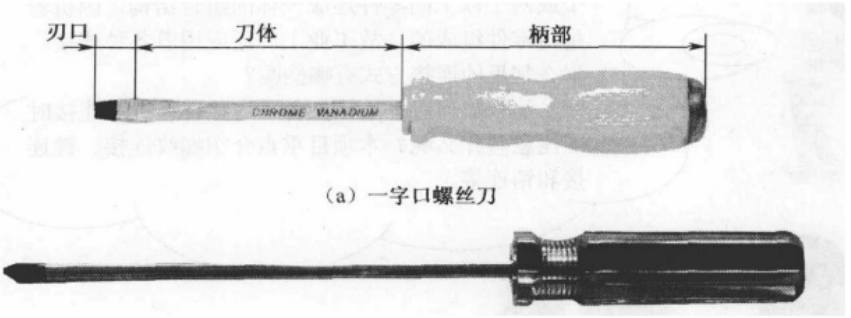
一、项目基本技能

任务一　螺纹连接的拆装工具的认知

1．螺丝刀（起子）类

（1）标准螺丝刀

螺丝刀又称起子，用于旋紧或松开头部带沟槽的螺钉，如图 15-1 所示。它一般由柄部、刀体、刃口 3 部分组成。刀体及刃口部分由碳素工具钢制成，其中，刃口还经淬火处理，柄部由木头或塑料等绝缘材料制成。



（a）一字口螺丝刀

（b）十字口螺丝刀

图 15-1　标准螺丝刀

标准螺丝刀根据刃口部分的形状不同分为一字口螺丝刀和十字口螺丝刀两种。一字口螺丝刀，如图 15-1（a）所示，用于旋紧头部带有一字槽的螺钉；十字口螺丝刀，如图 15-1（b）所示，用于旋紧头部带有十字槽的螺钉，优点是螺丝刀不易从槽中滑出。

标准螺丝刀常用规格（以刀体部分的长度表示）有：100mm、150 mm、200 mm、300 mm、400 mm 等几种。

（2）其他螺丝刀

图 15-2 所示为弯头螺丝刀，两头各有一个刃口，互成垂直位置，适用于螺钉头部空间受到限制的场合。

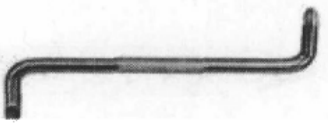


图 15-2　弯头螺丝刀

螺丝刀使用注意事项：

① 要注意刃口的宽度和厚度必须与螺钉头上沟槽的宽度和厚度相符；

② 不能把螺丝刀当作撬棒或錾子用；

③ 螺丝刀一般使用碳素工具钢制成，并经淬火处理，修磨螺丝刀时要保持其刃口的宽度和厚度，并随时浸水，以防退火。

2．扳手类

扳手用来旋进六角形、正方形螺钉及各种螺母，常用碳素工具钢、合金钢或可锻铸铁制成。其开口处要求光洁和坚韧耐磨。

（1）活扳手

活扳钳口由固定钳口和活动钳口组成，因此，钳口尺寸在一定范围内可以调节，开口最大尺寸（mm）常用的有 14、19、24、30、36、46、55、65 等几种。扳手规格常以其长度（mm）表示，有 100、150、200、250、300、375、450、600 等；有时，扳手长度也用英寸表示，有 4″、6″、8″、10″、12″、15″、18″、24″ 等。选用扳手时应注意钳口尺寸与螺钉或螺母尺寸相符。活动扳手效率低，精度差，活动钳口易歪斜而损坏螺钉或螺母头部，一般在做修理工作时用。



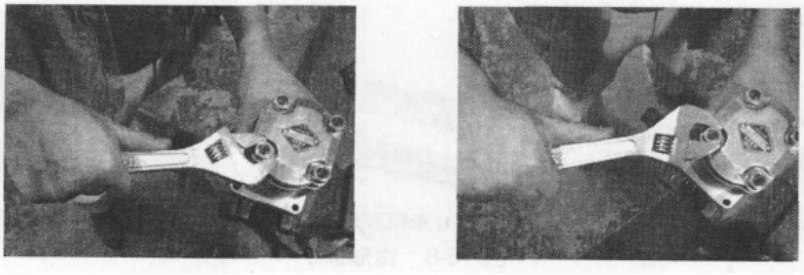
图 15-3　活扳手

使用活扳手时应注意：

① 让固定钳口作为受力面，如图 15-4（a）所示，否则会损坏扳手；

② 活扳钳口应卡紧螺钉或螺母，以免损伤螺钉或螺母；扳手使用时不能随意加长，以免因拧紧力矩过大而损坏螺母活扳手；

③ 扳手不能当作锤子使用，以免损坏扳手。



（a）正确　　（b）错误

图 15-4　活扳手的使用

（2）固定扳手

固定扳手其开口尺寸是固定的，常用于拆装方形和六角形螺钉或螺母，有呆扳手和整体扳手两类，如图 15-5（a）、图 15-5（b）所示。

呆扳手选用时开口尺寸与螺钉或螺母的对边间距尺寸应相适应。



（a）呆扳手　　（b）整体扳手（也叫梅花扳手）

图 15-5　固定扳手

整体扳手有正方形、正六边形、正十二边形（也叫梅花形）等，其中，梅花扳应用非常广泛，因为在拧螺钉或螺母时，仅需转过 30° 即可再套在螺钉或螺母上，故可用于拆装空间小、普通扳手容纳不下的场合的螺钉或螺母。

（3）套筒扳手（见图 15-6）

套筒扳手一般由一套尺寸不等的梅花套筒组成，使用时将扳手柄的方榫插入梅花套筒的方孔内，靠手柄转动带动梅花套筒旋转，来旋转螺钉或螺母。套筒扳手用于普通扳手无法使用的场合，而且弓形手柄能连续旋转，还能提高工作效率。

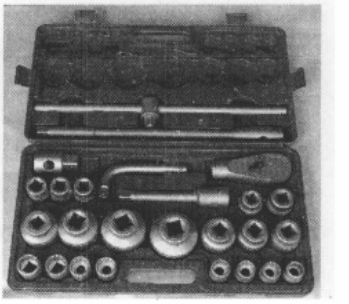
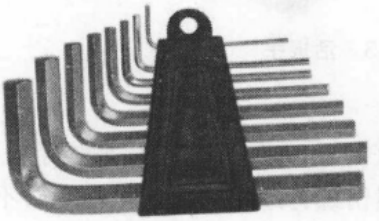


图 15-6　套筒扳手

（4）内六角扳手（见图 15-7）

内六角扳手用于拆装内六角头螺钉，它也是成套使用，可拆装 M4～M30 的内六角头螺钉。在一些空间狭小的场合，内六角扳手不能垂直插到螺栓的内六角槽里，若用图 15-7（b）所示的头部带槽的内六角扳手，可倾斜一定的角度，能比较方便地解决上述问题。



（a）整套内六角扳手



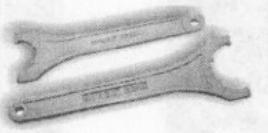
（b）头部带槽的内六角扳手

图 15-7　内六角扳手

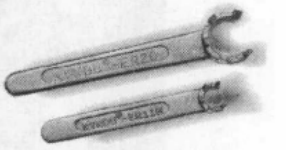
（5）钳形扳手（见图 15-8）



（a）勾头钳形扳手



（b）U 形钳形扳手



（c）冕形钳形扳手

图 15-8　钳形扳手

钳形扳手用于锁紧圆螺母，勾头钳形扳手用来锁紧在外圆柱面上有槽的圆螺母；U 形钳形扳手和冕形钳形扳手用来锁紧在端面上有销孔或槽的圆螺母。

（6）管子钳

用于拆装管子，如图 15-9 所示。

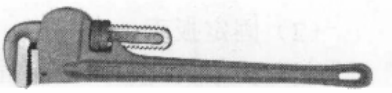


图 15-9　管子钳

（7）专用扳手

如定扭矩扳手、电动扳手、棘轮扳手等为专用扳手，如图 15-10 所示。在此不详述。



（a）定扭矩扳手



（b）电动扳手



（c）棘轮扳手

图 15-10　专用扳手

任务二　键连接的拆装工具的认知

键连接是通过键将轴和轴上零件（如齿轮、皮带轮、联轴器等）连接在一起，用于传递扭矩的一种连接方式。通常分为三类：松键连接、紧键连接、花键连接。紧键连接的拆装步骤及方法作以介绍（见“本项目知识点三”）。

键连接的装配工具常用的有手锤、铜棒、木锤、锉刀、刮刀（如图 15-11 所示，用于修配键和键槽）、花键推刀（用于修花键槽）等工具。卸时常用平口冲子、拔轮器（也叫拉马或拉力器，如图 15-12 所示）、撬杠或专用工具（用于拆勾头楔键）等。

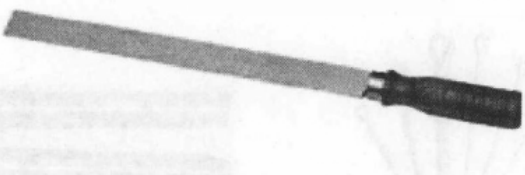


图 15-11　刮刀

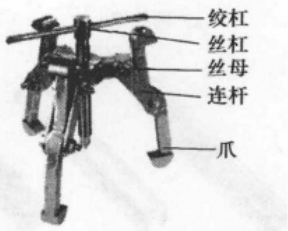
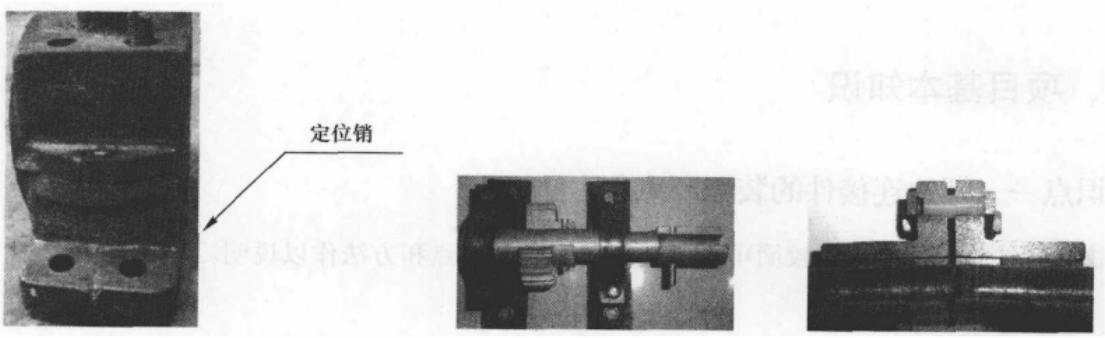


图 15-12　拔轮器

任务三　销连接及其拆装常用工具的认知

1．销连接的作用

销连接是用销钉把机件连接在一起，使它们之间不能相互转动或移动。主要作用是定位、连接或锁定零件，有时还可以作为安全装置中的过载剪断元件，如图 15-13 所示。销钉的形状和尺寸已标准化，可直接按标准件选取。



（a）定位作用　　（b）连接作用　　（c）保险作用

图 15-13　销连接的作用

2．销连接的种类

销的种类较多，有圆柱销、圆锥销、槽销，还有销轴、开口销、安全销以及其他销，如图 15-14 所示，其中，使用最多的是圆柱销及圆锥销。

3．销连接拆装常用工具及其使用

销连接拆装常用工具有手锤、铜棒、冲子、拔销器（如图 15-15 所示）、铰刀（修孔用）、千分尺、游标卡尺等。

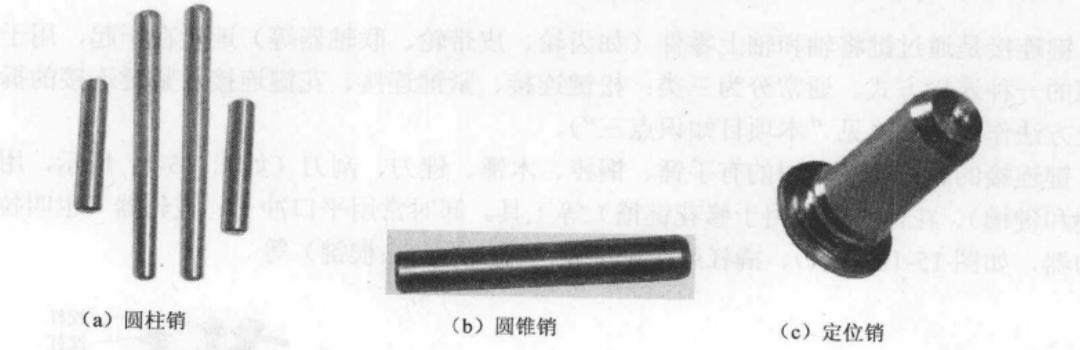


图 15-14　常用销钉

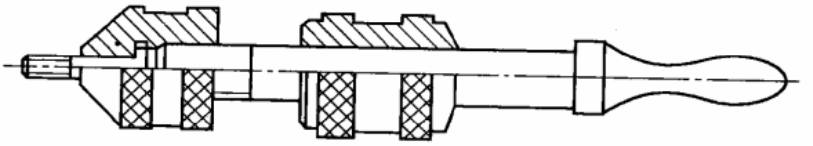


图 15-15　拔销器

二、项目基本知识

知识点一　螺纹连接件的装配要点和方法

螺纹连接件的装配步骤比较简单，下面仅就其装配要点和方法作以说明。

1．双头螺柱的装配

（1）装配要点

① 双头螺柱的紧固端与机体螺纹的配合应有足够的紧固性，以保证在拆卸螺母时螺柱无松动现象。一般采用带台阶的、螺纹中径有过盈量或最后几圈螺纹浅些的螺柱（如图 15-16 所示）。因此，装配时注意分清螺柱两头的区别。

② 双头螺柱的轴心线应与机体表面保持垂直，可用直角尺进行检测（如图 15-17 所示）。若双头螺柱仅有轻微偏斜，可校正螺柱或用丝锥校正螺纹孔后再装配；若双头螺柱偏斜严重，应拧出螺柱，重新钻大一级的孔并攻丝，再选用相应的螺柱装配。

③ 装入双头螺柱时需用润滑油，一是为避免螺纹产生咬合现象，同时也能使装配及以后拆卸时都很省力。

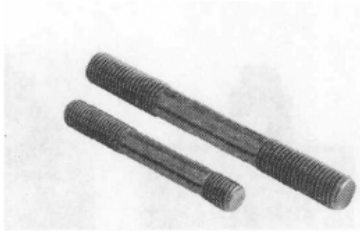


图 15-16　双头螺柱

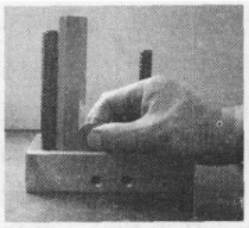


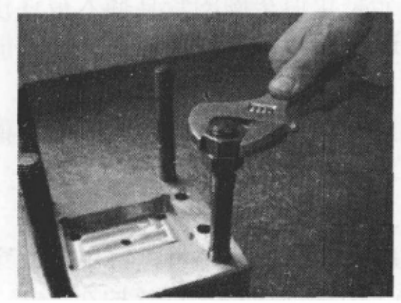
图 15-17　用直角尺检测双头螺柱垂直度

（2）装配方法

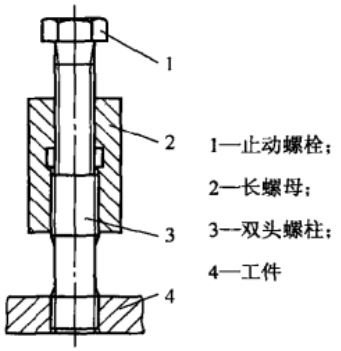
① 两个螺母拧紧法，如图 15-18（a）所示。

将两个螺母相互拧紧在双头螺柱上后，用扳手扳动上面的一个螺母，就可把双头螺柱装入螺孔。但其缺点是，在卸螺母时可能会使装好的螺柱松动。

② 长螺母拧紧法如图 15-18（b）所示。



（a）两个螺母拧紧法



（b）长螺母拧紧法

图 15-18　双头螺柱的装配方法

用制动螺栓 1 阻止长螺母 2 与双头螺柱 3 之间的相对运动，用扳手搬动长螺母可将双头螺柱装入螺孔。装好后，松开螺钉后就可将长螺母卸掉。

2．螺钉和螺母的装配

（1）装配要点

① 螺钉或螺母与零件贴合的表面应光洁、平整，贴合处应经过加工（如经过刨、铣或锪）。

② 接触表面应清洁，螺纹孔内的污物应清洗干净。

③ 螺纹连接应有一定的预紧力，可用扭力扳手或定力矩扳手进行装配。当螺纹连接件用于有震动、冲击、交变载荷或温度变化较大场合时，还要考虑防松措施。

（2）防松措施

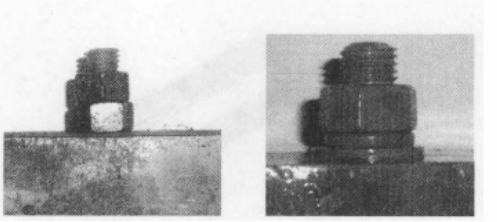
① 附加摩擦力法

a．双螺母法防松，如图 15-19（a）所示。

双螺母防松装置使用了主、副两个螺母。先将主螺母拧紧至预定位置，再拧紧副螺母，当副螺母拧紧后，在主、副螺母之间的这段螺杆因受拉伸长，使主、副螺母分别与螺杆牙形的两个侧面接触，并产生正压力、摩擦力。当螺杆再受某个方面突加载荷时，就能始终保持足够的摩擦力，有效地起到防松作用。这种防松装置，由于要用两只螺母，增加了结构尺寸和重量，一般用于低速重载或较平稳的场合。

b．弹簧垫圈防松，如图 15-19（b）所示。

弹簧垫圈是用弹性较好的材料 65Mn 制成，当拧紧螺母时，弹簧垫圈被压平产生弹性反力，同时，垫圈的斜口尖角切入螺母和支承面，从而在螺纹副的接触面间产生附加摩擦力，从而起到防松作用。这种防松装置的特点是构造简单、防松可靠，一般应用在不经常装拆的场合。但这种防松装置容易刮伤螺母和被连接件表面，同时由于弹力分布不均，螺母容易偏斜。



（a）双螺母防松　　（b）弹簧垫圈防松

图 15-19　附加摩擦力防松

② 机械法

a．开口销与带槽螺母防松

如图 15-20（a）所示，用开口销把带槽螺母直接锁在螺钉上。此法结构简单、防松可靠，多用于震动或有交变载荷场合。

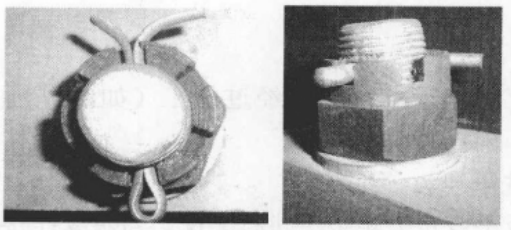
b．止退垫圈防松

图 15-20（b）所示为六方螺母、止退垫圈防松。先将止退垫圈的竖耳插入被连接件已开好的槽内，当螺母拧紧后，将止退垫圈的耳部折弯贴近螺母。该法防松可靠，但只能用于能容纳弯耳场合。

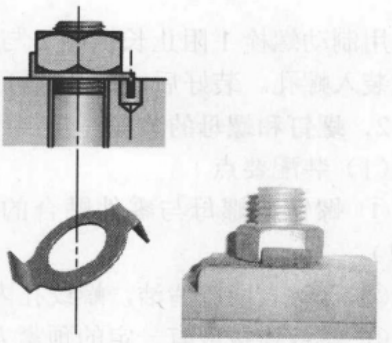
图 15-20（c）所示为圆螺母、止退垫圈防松。装配时，先将垫圈内翅插入螺杆槽内，等圆螺母拧紧后，再将外翅扳入圆螺母槽中。

c．串联金属丝防松

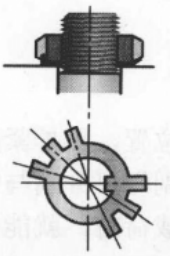
图 15-20（d）所示为串联金属丝防松。对成对或成组的螺钉和螺母，可用钢丝穿过螺钉头部的径向小孔（或同时穿过螺钉和螺母的径向小孔），用钢丝钳拉紧钢丝拧在一起，同时应注意钢丝旋转方向应与螺纹旋紧方向一致。



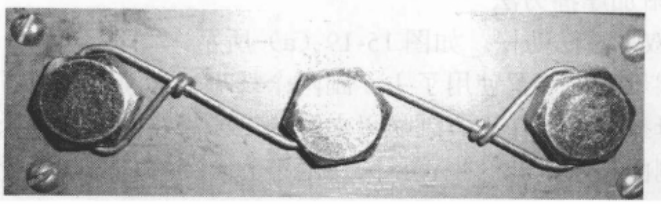
（a）开口销与带槽螺母防松



（b）六方螺母、止退垫圈防松



（c）圆螺母、止退垫圈防松

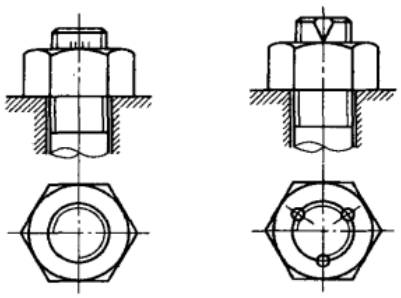


（d）串联金属丝防松

图 15-20　机械法防松

③ 破坏螺纹法

对于很少拆卸或不拆卸的螺纹连接件，可在螺母拧紧后，将靠近螺母顶部的螺钉的螺纹采用焊接［如图 15-21（a）所示］或冲点［如图 15-21（b）所示］法防止螺纹回松。



（a）焊接　　（b）冲点

图 15-21　破坏螺纹法防松

螺纹连接防松还有止动螺钉防松、螺纹副间涂金属粘结胶等方法，在此不再详述。

（3）螺钉（螺母）的方法

拧紧成组螺钉或螺母时，应先将所有的螺钉（螺母）拧到靠近工件位置，但不要加力。然后根据被连接件的形状和螺钉分布情况按一定的顺序依次拧紧，往往需 2～3 遍，每遍拧紧至拧紧程度的 1/3。常见的有以下几种情况。

① 长方形布置

拧紧长方形布置的成组螺钉时，应从中间开始，按 1、2、3…顺序，如图 15-22（a）所示。

② 方形布置

分布在四角上的螺钉（螺母）应对称交叉进行，按 1、2、3…顺序，如图 15-22（b）所示。

③ 圆形布置

与方形布置一样，如图 15-22（c）所示。

3．拧紧力矩的确定与控制

为达到螺纹连接可靠和紧固的目的，要求螺纹牙间有一定摩擦力矩，所以螺纹连接装配时应保证有一定的拧紧力矩，使螺纹副产生足够的预紧力。

拧紧力矩或预紧力的大小是根据使用要求确定的。一般紧固螺纹连接对预紧力无严格要求，常采用普通扳手、风动扳手拧紧，凭操作者的经验来判断预紧力是否适当。而规定预紧力的螺纹连接，常用控制转矩法、控制螺栓伸长法和控制螺母扭角法来保证预紧力准确。

控制预紧力常用的有以下 3 种方法。

① 控制转矩法用测力扳手使预紧力达到给定值。图 15-23 所示为控制拧紧力矩的指针式扭力扳手。在弹性扳手柄 3 的一端装有手柄 6，另一端装有带方头的柱体 2。方头上，套装上一个可更换的梅花套筒（可用于拧紧螺钉或螺母）。柱体 2 上还装有一个长指针 4，刻度盘 7 固定在柄座上。工作时，由于扳手柄和刻度盘一起向旋转的方向弯曲，因此，指针就可在刻度盘上指出拧紧力矩的大小。

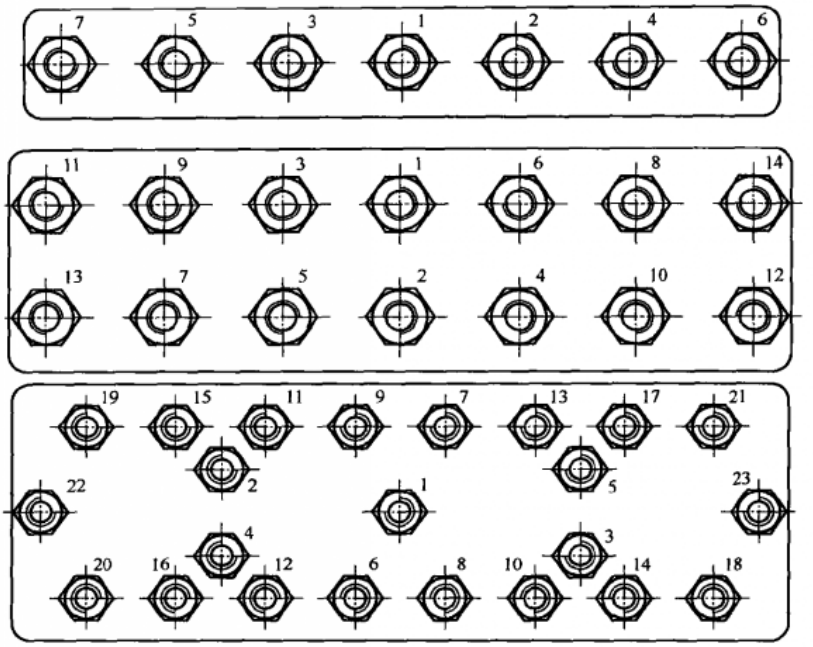
② 控制螺栓伸长法是一种通过控制螺栓伸长量来控制预紧力的方法。如图 15-24 所示，螺母拧紧前，长度为 L_1，按预紧力要求拧紧后，螺栓的长度变为 L_2。通过测量 L_1 和 L_2 便可确定拧紧力矩是否符合要求。

③ 控制螺母扭角法是通过控制螺母拧紧时应转过的角度来控制预紧力的方法。其原理和测量螺栓伸长法相同，即在螺母拧紧消除间隙后，测得转角 ϕ_1，再拧紧一个转角 ϕ_2，通过测量 ϕ_1 和 ϕ_2 来确定预紧力。

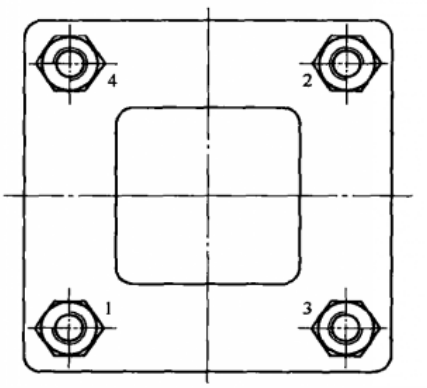
4．螺纹连接件的拆卸要点和方法

（1）螺纹连接件的拆卸是装配的逆过程，注意以下要点：

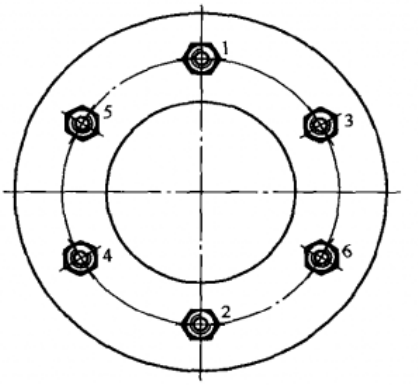
① 拆掉螺纹连接件上的防松装置；



(a) 长方形布置

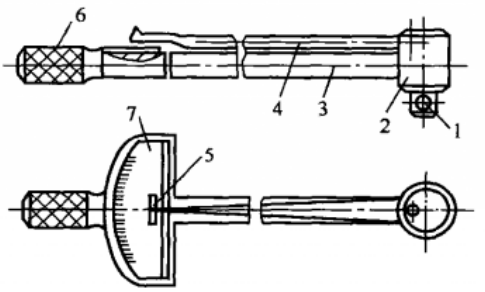


(b) 方形布置



(c) 圆形布置

图 15-22　拧紧成组螺钉（螺母）的方法



1—钢球；2—柱体；3—弹性扳手柄；4—长指针；5—指针尖；6—手柄；7—刻度盘

图 15-23　指针式扭力扳手

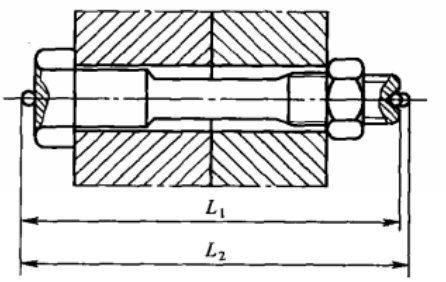


图 15-24　螺栓伸长的测量

② 选择合适的拆卸工具（螺丝刀、扳手等）；

③ 对于因时间长生锈等不易拆卸掉的螺钉（螺母）不要强行拆卸，以免损坏螺钉（螺母），可用松动剂、煤油等浸一段时间后再拆卸；

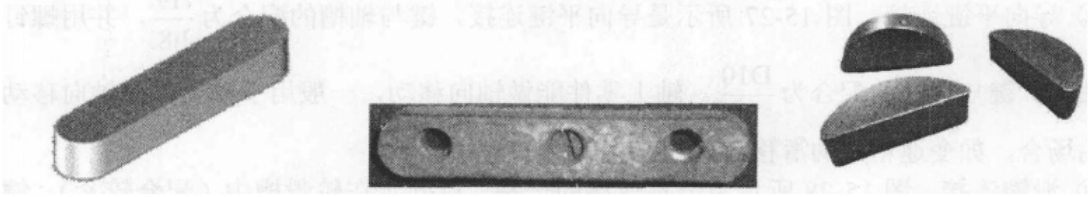
④ 拆卸后的螺钉（螺母）应妥善保管，对于长时间不用的要浸油防锈。

（2）螺纹连接件的拆卸方法比较简单，不再赘述。

知识点二　键连接件的装配与拆卸的步骤

1．松键连接

松键连接件是靠键的侧面来传递扭矩的，对轴上零件只做圆周向固定，不能承受轴向力。松键连接对中性好，常用于高速及精密的连接件中。松键连接常采用的键有普通平键、导向键、半圆键（如图 15-25 所示），下面以普通平键连接为例说明松键连接的拆装步骤。



（a）普通平键　　（b）导向键　　（c）半圆键

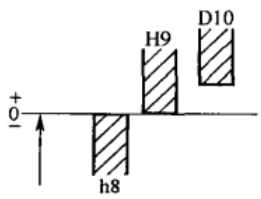
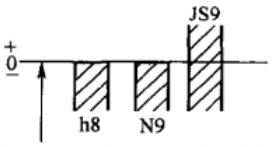
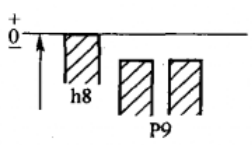
图 15-25　键

（1）松键连接的装配技术要求

松键连接要保证键与键槽的配合要求。

由于键是标准件，各种不同配合性质的获得，要靠改变轴槽、轮毂槽的极限尺寸来得到。键与轴槽和轮毂槽的配合性质一般取决于机构的工作要求，见表 15-1。

表 15-1　　键宽 b 的配合公差带

键的类型	松连接			正常连接			紧密连接		
	键	轴	毂	键	轴	毂	键	轴	毂
平键 GB/T 1096—2003 半圆键 GB/T 1099.1—2003 薄型平键 GB/T 1566—2003	h8	H9 — H9	D10 — D10	h8	N9	JS9	h8	P9	P9
配合公差带									

① 普通平键连接。图 15-26 所示为普通平键连接，键与轴槽的配合为 $\frac{P9}{h8}$ 或 $\frac{N9}{h8}$，键与毂槽的配合为 $\frac{JS9}{h8}$ 或 $\frac{P9}{h8}$，键在轴上和轮毂上不能轴向移动，一般用于固定连接处。这种连接应用广泛，常用于高精度、传递重载荷、冲击及双向转矩较大的场合。

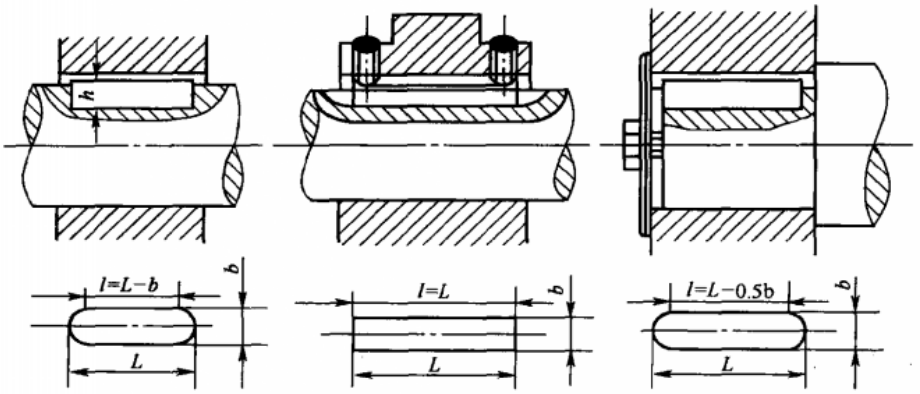


图 15-26　普通平键连接

② 导向平键连接。图 15-27 所示是导向平键连接，键与轴槽的配合为$\frac{H9}{h8}$，并用螺钉固定在轴上，键与轮毂的配合为$\frac{D10}{h8}$。轴上零件能做轴向移动，一般用于轴上零件轴向移动量较小的场合，如变速箱中的滑移齿轮。

③ 滑键连接。图 15-28 所示为滑键连接的一种。键固定在轮毂槽中（配合较紧），键与轴槽为精确间隙配合，键可随轮毂在轴槽中自由移动，多用于轴上零件轴向移动量较大的场合。

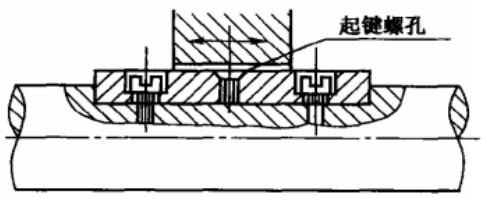


图 15-27　导向平键连接

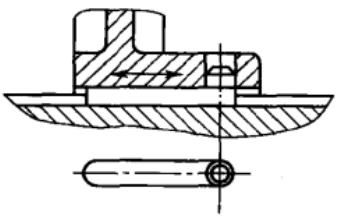


图 15-28　滑键连接

④ 半圆键连接。图 15-29 所示为半圆键连接。键在轴槽中绕槽底圆弧曲率中心摆动，用以少量调整位置。但因键槽较深，使轴的强度降低，一般用于轻载或轴的锥形端部。

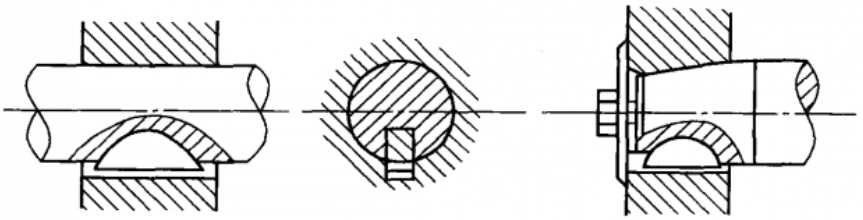


图 15-29　半圆键连接

⑤ 键与键槽应具有较小的表面粗糙度值。

⑥ 键装入键槽后应与键槽贴紧，键长方向与轴槽有 0.1mm 的间隙，键的顶面与轮毂槽之间有 0.3～0.5mm 的间隙。

（2）松键连接件的装配步骤

① 按要求选择合适的键，清理键和键槽的毛刺、锐边等，如图 15-30 所示。

② 装配时，先不装入平键，将轴与轴上配件试装，以检查轴和孔的配合状况，避免装配时轴与孔配合过紧，如图 15-31 所示。

③ 修配键与键槽的配合精度，注意在试配时只能将键的一头放入键槽试配，以防放入键槽后取不出，如图 15-32 所示。

④ 键的配合面上沾取润滑油，将其放入轴键槽里，用铜棒轻轻敲打，使键与键槽底充分接触，如图 15-33 所示。

⑤ 安装轴上的零件（如齿轮、皮带轮、联轴器等），若毂上的键槽尺寸小，可修配键槽，如图 15-34 所示。

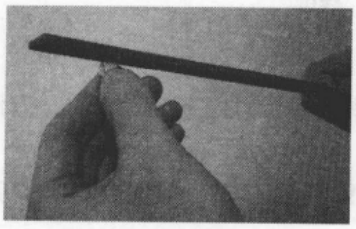


图 15-30　清理键的毛刺、锐边



图 15-31　轴与轴上零件试装

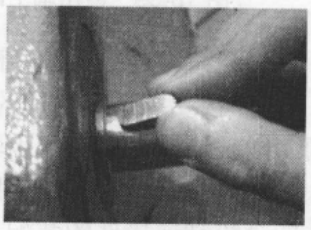


图 15-32　试配键

⑥ 检查装后的轴上零件有无在圆周向摆动现象，如图 15-35 所示。

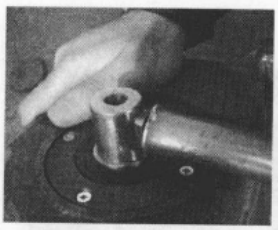


图 15-33　装键



图 15-34　装轴上的零件

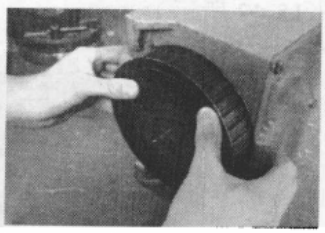


图 15-35　检查

⑦ 装上轴端挡片或螺母，使轴上零件不会轴向窜动，如图 15-36 所示。

（3）松键连接的拆卸步骤

① 拆下轴端挡片或螺母，如图 15-37 所示。

② 拆卸轴上零件。可用拔轮器或千斤顶等工具将轴上零件拆掉，如图 15-38 所示。

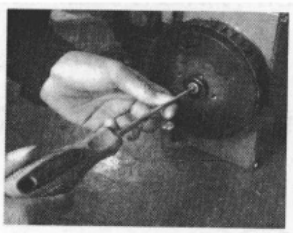


图 15-36　安装轴端挡片



图 15-37　拆下轴端挡片



图 15-38　用把轮器拆卸轴上零件

③ 用拆卸工具将键拆掉。用平口冲子，顶在键的一端，用手锤适当敲打，另一端可用两侧面带有斜度的平口冲子按图 15-39 所示箭头表示部位挤压取出平键。

2．紧键连接

紧键连接主要指楔键连接，键的上表面和毂槽的底面各有 1∶100 的斜度，它是靠键的上下工作表面分别与轮槽和轴槽的底部形成的过盈配合来传递扭矩的。紧键连接能传递扭矩和

单向轴向力。楔键有普通楔键、勾头楔键两种（如图 15-40 所示），楔键连接的拆装步骤如下。

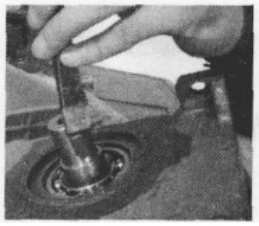
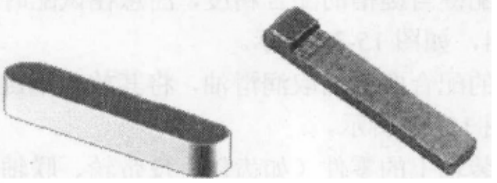


图 15-39　取出轴上的键



（a）普通楔键　　（b）勾头楔键

图 15-40　楔键

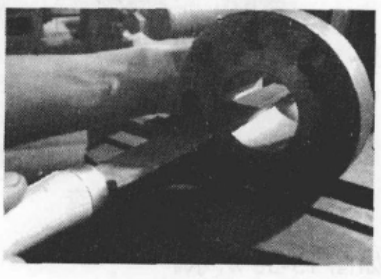
（1）楔键连接件的装配

① 按要求选择合适的键，用锉刀去除键槽上的锐边，以防装配时造成过大的过盈，方法同“松键连接件的装配步骤①”。

② 将轴与轴上的零件试装，以检查轴和孔的配合状况，避免装配时轴与孔配合过紧，方法同“松键连接件的装配步骤②”。

③ 根据键的宽度，修配键槽槽宽 b_2，使键与键槽保持一定的配合间隙（如图 15-41 所示）。

④ 将轴上零件的键槽与轴的键槽对齐，在楔键的斜面上涂红丹粉后稍敲入键槽内（如图 15-42 所示）。



（a）修轮毂键槽　　（b）轴上的键槽

图 15-41　修配键槽



图 15-42　试配键

⑤ 拆卸楔键，根据接触斑点来判断斜度配合情况，可用锉削或刮削方法进行修整，使键与键槽的上、下结合面紧密贴合，如图 15-43 所示。

⑥ 用煤油清洗楔键和键槽。

⑦ 将轴上零件的键槽与轴上键槽对齐，将楔键加注润滑油后，用铜棒和锤子将其敲入键槽中，如图 15-44 所示。

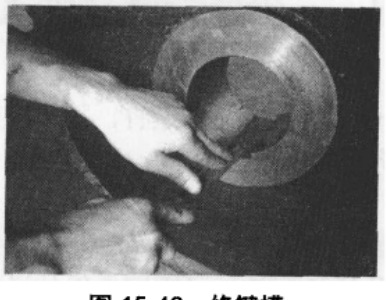


图 15-43　修键槽

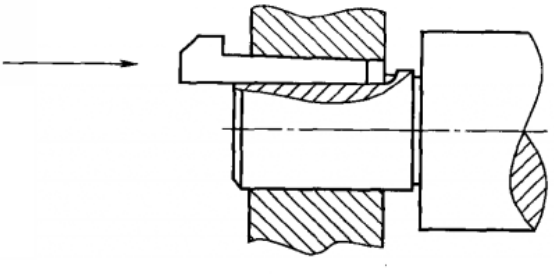


图 15-44　装配

（2）紧键连接件的拆卸步骤

紧键连接件拆卸应先拆键，再拆轴上零件。普通楔键和勾头楔键方法有所不同，如图 15-45 和图 15-46 所示。

拆卸普通楔键时应从楔键小头端用冲子和手锤往外打出，如图 15-45 所示。

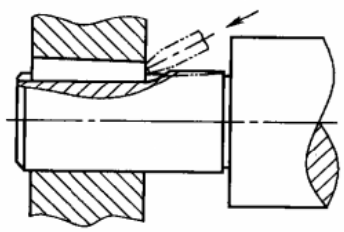
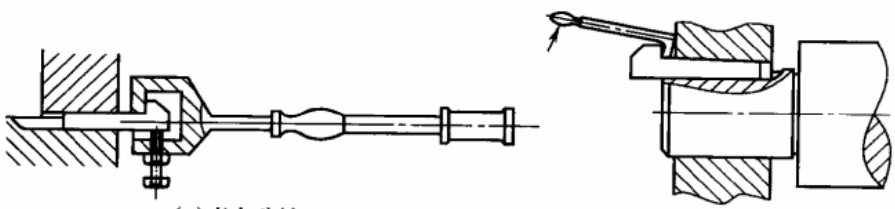


图 15-45　拆卸普通楔键

拆卸勾头楔键时应用撬杠或专用工具往外拉出，如图 15-46 所示。



（a）拉勾头键　　（b）撬勾头键

图 15-46　拆卸勾头楔键

知识点三　键连接件的装配与拆卸注意事项

1．松键连接

（1）由于键是标准件，各种不同配合性质的获得，要靠改变轴槽、轮毂槽的极限尺寸来得到，而不要去修改键的尺寸。

（2）要清理干净键及键槽上的毛刺，以免配合后产生过大的过盈量而破坏配合的精度。

（3）键装入轴槽中应与槽底贴紧，键长方向与轴槽有 0.1mm 的间隙，键的顶面与轮毂槽之间有 0.3～0.5mm 的间隙。

（4）对于重要的键连接，装配前应检查键的直线度和键槽对轴心线的对称度及平行度等。

（5）平键与轴槽的配合要求稍紧，而平键与轮毂槽的配合，以用手稍用力能将平键推过去即可。

（6）装配后的轴上零件（如齿轮、带轮等）在轴上不能左右摆动，否则，容易引起冲击和振动。

2．紧键连接

（1）紧键连接易使轴上零件与轴的配合产生偏心和歪斜，多用于对中性要求不高，转速较低的场合。

（2）有钩头的楔键用于不能从另一端将键打出的场合，如图 15-47 所示。

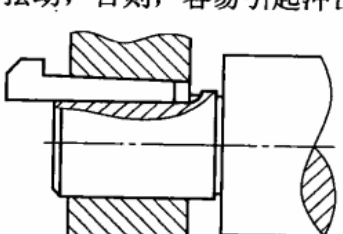


图 15-47　楔键的应用场合

（3）楔键的斜度应与轮毂槽的斜度一致，否则，套件会发

生歪斜，同时降低连接强度。

（4）楔键的两侧面与槽要留有一定间隙。

（5）对于钩头楔键，不应使钩头紧贴轴上零件端面，必须留有一定距离，以便拆卸。如图 15-47 所示。

（6）装配楔键时，要用涂色法检查楔键上、下表面与轴槽或轮毂槽的接触情况，若发现接触不良，可用锉刀、刮刀修整键槽，如图 15-43 所示。

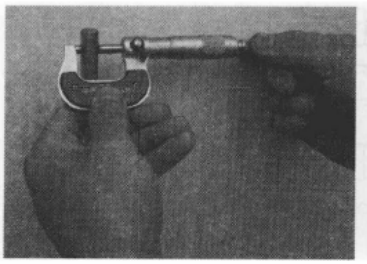
知识点四　销连接件的拆装步骤和方法

1．销连接件的装配步骤和方法

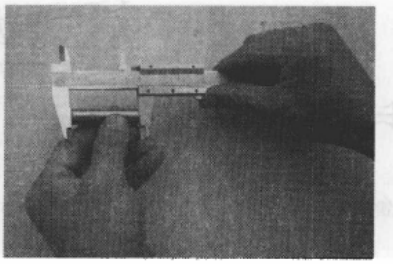
（1）圆柱销连接件的装配

① 用千分尺测量圆柱销直径如图 12-48（a）所示；用游标卡尺测量圆柱销长度如图 15-48（b）所示，看是否符合装配要求。

② 用锉刀去除圆柱倒角处的毛刺，如图 15-49 所示。



（a）测量圆柱销直径



（b）测量圆柱销长度

图 15-48　圆柱销的测量

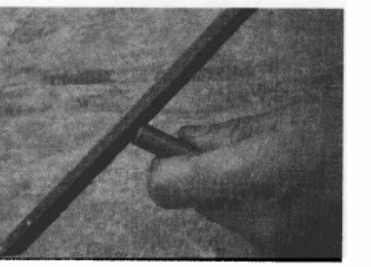


图 15-49　修圆柱销毛刺

③ 找正要用圆柱销连接的孔（可用直径少小一点的圆柱销子或拆下的旧销子进行校正），如图 15-50 所示。

④ 在销子表面涂上机油，将铜棒垫在销子端面上，用手锤将销子敲入孔中（见图 15-51）。

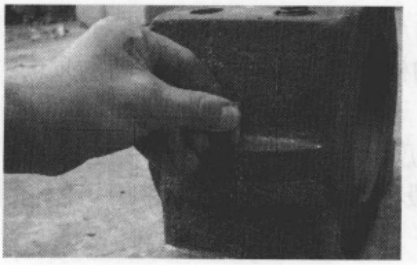


图 15-50　找正要连接的销孔



图 15-51　安装圆柱销

（2）圆锥销连接件的装配

① 用千分尺测量圆锥销小端直径，看是否符合装配要求，如图 15-52 所示。

② 用锉刀锉去圆锥销上的毛刺，同圆柱销第二步（如图 15-49 所示）。

③ 用手将圆锥销推入圆锥孔中进行试装，检查圆锥孔深度，使圆锥销插入圆锥孔内的深度占圆锥销长度的 80%即可（见图 15-53）。

④ 取出圆锥销，擦净，在表面上加机油，用手将圆锥销推入圆锥孔中，用铜棒敲击圆锥销端面，圆锥销的倒角部分应伸出在所连接的零件平面外。方法同图 15-51。

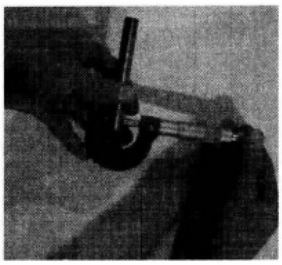


图 15-52　测量圆锥销小端直径

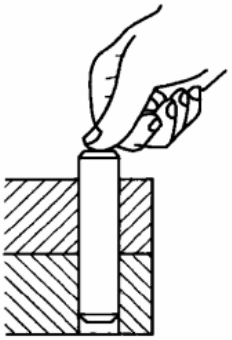
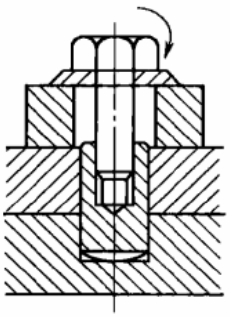


图 15-53　试装圆锥销

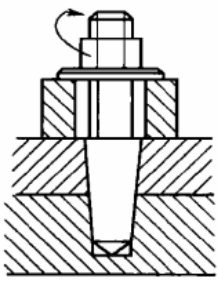
2．拆卸销连接件

（1）若被连接件销孔为通孔，可用一个直径略小于销孔的冲子顶住销子的底部，用锤子敲击即可将销子敲出来。

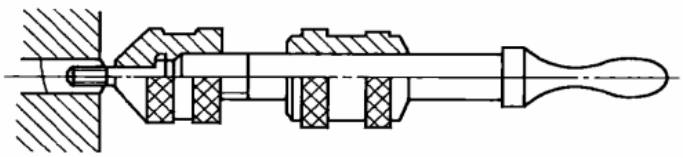
（2）若被连接件销孔为不通孔时，可使用螺钉［端部带内螺纹的销子，如图 15-54（a）所示］或螺母［端部带外螺纹的销子，如图 15-54（b）所示］等专用拆卸工具，也可利用拔销器，将销子拔出来，如图 15-54（c）所示。



（a）用螺钉拆圆柱销



（b）用螺母拆圆锥销



（c）用拔销器拔销子

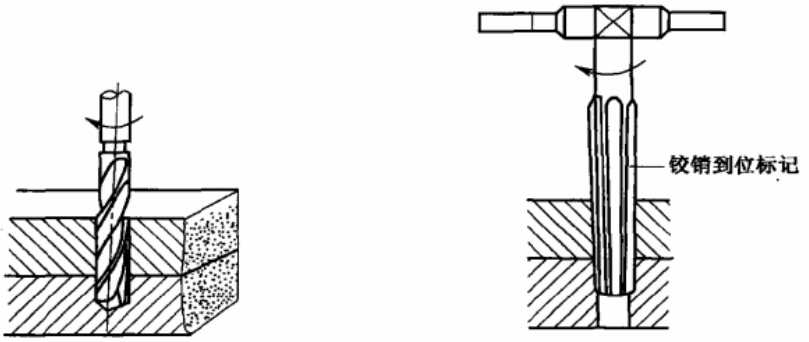
图 15-54　拆卸销子

3．销连接注意事项

（1）在加工销连接件的销孔时，两个连接件经过精确调整叠合在一起装夹，然后在钻床上钻孔，如图 15-55（a）所示，再用铰刀铰孔［见图 15-56（b）］至符合要求，铰孔时注意加切削液，铰孔表面粗糙度 *Ra* 一般应达到 1.6～0.4μm。

（2）圆柱销一般依靠过盈配合固定在孔中，因此，对销孔尺寸、形状和表面粗糙度 *Ra* 值要求较高。被连接件的两孔应同时钻、铰，*Ra* 值不大于 1.6μm。装配时，销钉表面可涂机油，用铜棒轻轻敲入。对于装配精度要求高的定位销，应用 C 形夹头把销子压入孔中，如图 15-56 所示。

注意：圆柱销不宜多次装拆，否则会降低定位精度或连接的可靠性。



（a）钻销孔　　（b）铰销孔

图 15-55　加工销孔

（3）钻、铰圆锥销销孔时，按圆锥销小头直径选用钻头（圆锥销的规格用销小头直径和长度表示），应用相应锥度的铰刀。铰孔时用试装法控制孔径，以圆锥销能自由插入 80%～85%为宜。最后用手锤敲入，销钉的大头可稍露出，或与被连接件表面齐平，如图 15-57 所示。

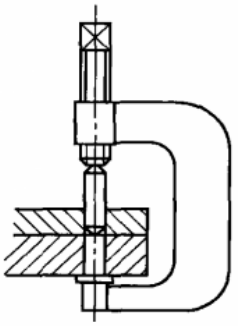


图 15-56　用 C 形夹头把销子压入孔中

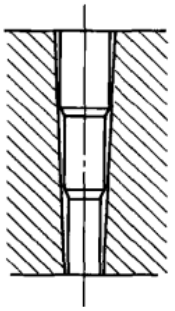


图 15-57　钻削深圆锥孔

特别提示：如果圆锥孔较深，为减少铰削余量，可钻成阶梯形孔。注意应首先选用小端直径的钻头，根据计算再选用其余钻头（如图 15-57 所示）。

项目学习评价

一、思考练习题

（1）螺纹连接的常用拆装工具有哪些？各应用于何种场合？如何表示其规格？
（2）螺纹连接有哪几种主要形式？各应用于什么场合？
（3）螺纹连接为什么要考虑防松措施？常用的防松措施有哪些？
（4）双头螺柱装配的要点有哪些？拧紧双头螺柱有哪几种方法？
（5）平键连接分哪几种类型？它们各有什么特点？适用于何种场合？
（6）键连接中哪些键是靠键的侧面来工作的？哪些键是靠键的上、下表面来工作的？这

两类键对被连接件的对中性有何影响？

（7）简述松键连接和紧键连接的装配要点。

（8）销连接的作用有哪些？为什么在钻、铰连接件孔时要一起进行？

（9）简述销连接件的拆装步骤和方法。

二、自我评价、小组互评及教师评价

评价方面	项目评价内容	分值	自我评价	小组互评	教师评价	得分
理论知识	① 会选择螺纹连接防松措施	10				
	② 会制订成组螺钉（螺母）拧紧顺序	10				
	③ 会根据相关手册确定螺纹连接的拧紧力矩	10				
	④ 会制订各种连接件的拆装工艺	10				
实操技能	① 能正确使用装拆工具	15				
	② 能根据拆装工艺进行螺纹连接件的拆装	10				
	③ 能根据拆装工艺进行键连接件的拆装	10				
	④ 能根据拆装工艺进行销连接件的拆装	10				
学习态度	① 学习努力	5				
	② 学习技能时积极肯干	5				
安全文明生产	按规范进行操作	5				

三、个人学习总结

成功之处	
不足之处	
改进方法	